

# 高桩码头维护检测有关问题的探讨

张建国, 孙建澎

(天津港务局, 天津 300456)

**摘要:**指出了目前对高桩码头维护、检测的必要性和迫切性, 并对码头结构的破损类型、检测的内容及方法、评估的途径进行了较详细的探讨, 同时还提出了检测周期的建议。

**关键词:**码头; 维护; 检测

**中图分类号:** 657.4    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1005-8443(2001)01-0040-04

## 1 码头维护检测的必要性与迫切性

全国码头大部分已服役几十年, 特别是高桩码头的钢筋砼构件锈蚀破损已十分严重。另外, 随着水运事业的发展, 码头的装卸吨位每年大约以 20% 左右的速度递增。有的码头已接近或超过设计使用年限; 有的码头由于设计或施工的原因造成码头不均匀沉降而产生过大的内力; 有的码头构件由于使用不当造成破损等。码头的老化与破损将是抑制中国今后水运事业发展的关键之一。根据中国目前的国力, 不可能将老化与破损的码头全部按码头设计使用年限进行改建或重建, 不少码头还将超期服役或“带病”工作, 因此加强对现有码头的维护将十分重要。要加强对现有码头的维护, 必须建立码头的常规与非常规的检测制度, 因为检测结果是码头维护方案决策的根据。由此可知, 为了适应我国水运事业发展的需要, 改善码头的老化和破损状况, 以确保码头使用的安全, 当务之急是建立一套科学的可操作性的码头维护检测制度。由于高桩码头的破损相对于其它码头结构型式较严重, 因此本文主要讨论高桩码头维护监测的有关问题。

## 2 码头结构的破损类型及评估方法

码头的维护监测与资料分析、结果评估工作应由资深的科研单位, 在资深专家的指导下进行。

码头结构破损大致可分二种类型: 一种是砼内钢筋的锈蚀破损, 这是由于砼为多孔材料, 既使在没有外载作用下, 腐蚀性介质也会沿孔道侵入到钢筋表面而使钢筋生锈, 钢筋锈胀应力促使保护层砼开裂、剥落而破损。这种码头结构的破损与其工作环境有密切关系, 与码头结构的使用关系不大。这种破损属于隐性的自然破损, 它从砼内部开始, 在破损初期砼表面一般难以发现, 一旦发现砼会成层剥落而露出锈蚀的钢筋。另一种是基础的不均匀沉降产生过大的内力等使构件开裂或破损, 码头严重超载、船舶或重物的撞击等过大外力作用下产生构件的破损等。由以上砼构件的破损现象可知, 码头长期工作在具有腐蚀性的介质中, 钢筋锈蚀现象随时间而发展; 基桩的不均匀沉降也随时间而发展, 所以内力也随不均匀沉降的发展不断积累而增大。外力产生构件破损同船舶操作及装卸作业状态有关, 一般为随机发生。因此, 码头的破损现象是一种动态过程, 今天没有发现构件破损, 并不能推知明天也不会产生构件的破损。且一般破损发生在码头面以下, 在码头面难以发现, 所以对码头进行定期的破损检测十分必要, 对突发事件还要增加不定期的检测。

根据码头破损的调查结果, 初筛出对结构安全有较大影响的、需要更换成新构件的破损构件, 然后从力学角度对其进行二次评估。二次评估时要考虑到构件一般设计为等截面, 而作用内力在不同截面上分布一般不等的事实, 从而推知在设计的控制截面以外强度有富裕, 可以允许在控制截面以外的部位有适当的破损。所以可根据破损给构件破损部位带来强度的削弱与新构件在该部位强度富裕进行比较的结果, 来判别破损构件是否需要更换成新构件。如果破损带来的强度削弱大于该部位的强度富裕, 则此破损构件必须要

收稿日期: 2000-11-15

作者简介: 张建国(1966-), 男, 天津市人, 工程师, 大学, 港口与航道专业。

更换成新构件,反之,破损带来的强度削弱小于该部位的强度富裕,则此破损构件可以不必更换成新构件,只要进行适当维修即能满足设计强度的要求,可以继续使用。

根据码头破损的调查资料及对破损结构强度的评估,为破损构件修复方案决策提供科学的依据。

在码头维护中最难处理的是码头产生的不均匀沉降,这是因为码头的不均匀沉降会使构件内力不断积累而增大,当内力积累到一定程度,会使构件发生开裂破损。如天津港盐码头横梁的开裂,1-3段码头横梁的开裂等。一般码头的不均匀沉降需要经过几年,乃至十几年才能稳定。在不均匀沉降没有得到有效控制前对结构进行维修,难以得到预期的效果,所以由不均匀沉降产生的构件破损一般很难确定其最佳的维修时间,给码头的维护带来很大的困难。

码头建设时,要采取有效的措施,控制码头的不均匀沉降。

### 3 码头维护、检测的内容及方法

#### 3.1 码头结构破损的原因

根据大量的调查研究,码头破损大致有以下几种原因:

- a. 砼内钢筋锈蚀引起码头构件的锈胀破损,这种破损类型最为普遍。
- b. 由过大外载引起码头结构的破损,如超载引起码头上部结构的破损及船舶其它物体撞击引起有关构件的破损等。
- c. 由过大内力引起码头结构的破损,如基桩的不均匀沉降引起横梁的开裂破损,过大的温度应力引起构件与构件之间砼的挤压破损。
- d. 岸坡的过大变形造成码头过大的水平变位或倾斜而引起基桩的断裂等。
- e. 砼的冻融破坏及其自然老化产生砼性质的变化及强度下降而引起构件的破损。
- f. 地震等自然灾害引起的码头结构破损。

#### 3.2 码头维护检测的内容及方法

根据码头结构破损的原因提出不同的检测内容及检测方法。

##### 3.2.1 砼内钢筋锈蚀破损的检测及分析

砼内钢筋锈蚀破损属于隐性破损,锈蚀破损从砼内的钢筋表面开始,所以破损初期在砼表面一般没有迹象,因此砼的锈蚀破损初期难以发现,必须通过无损检测仪器进行检测。

砼内钢筋的锈蚀破损可以按如下方法进行检测:

a. 先用小锤对砼表面进行敲击,由敲出的声音判别砼内钢筋的锈蚀情况。敲击砼发出的声音频率较高,表明砼内钢筋没有生锈或锈蚀不严重;发出的声音频率较低,表明砼内钢筋锈蚀严重,砼从钢筋表面胀裂;如构件表面大面积声音频率偏低,表明此构件砼内的钢筋锈蚀比较严重,甚至在敲击砼表面时,表层砼会大面积脱落而露出严重锈蚀的钢筋。

b. 对砼表面敲击法初步确定钢筋锈蚀较严重的构件,用钢筋锈蚀仪测定砼内钢筋的锈蚀状态。另外,用砼密实度测定仪测出构件不同部位砼的密实度。根据有关理论推算出钢筋表面氯离子的浓度以判别砼内钢筋的锈蚀状态,或在构件不同部位钻取砼粉末试样进行化学分析,以测定砼中氯离子浓度的含量。通过以上检测数据的综合分析,可判别砼内钢筋的锈蚀情况,从而可评估出构件的残余承载力,以确定构件的维修方案。

##### 3.2.2 码头上部结构开裂破损的检测与分析

码头上部结构开裂破损形态各异,开裂破损的原因也各不相同,所以分析起来比较复杂。

码头上部结构开裂破损的检测内容为裂缝出现位置、裂缝宽度由大到小的发展方向、裂缝的形态、裂缝的长度等。可以用目测进行初步判断,然后用测缝仪测定裂缝的宽度,用钢卷尺测定裂缝的位置及长度,用超声波探伤仪测定开裂深度。在现场调查基础上,结合作用在开裂破损构件上的荷载即可分析出开裂破损的原因。引起构件开裂破损的原因大致可以分码头面超载产生的过大外力,基床的不均匀沉降引起过大的内力积累,在构件中布置钢筋较稀时,钢筋锈蚀产生的过大锈胀应力引起的开裂破损等。由于开裂破损的原因不同其所产生的裂缝特征也不同,所以可以根据不同的裂缝特征分析出构件开裂破损的原因。

a. 码头面超载引起开裂裂缝的特征

裂缝从梁底或板底,开始逐渐向上发展。裂缝宽度下大上小裂缝的位置一般在梁或板跨中附近的弯矩最大处;裂缝的方向一般与梁或板的纵轴相垂直。根据现场调查的裂缝形态,结合码头面上作用过的荷载分析即可推知是否由码头面超载所引起的裂缝。

#### b. 基桩不均匀沉降产生过大的内力积累所引起开裂裂缝的特征

基桩的不均匀沉降会使构件产生内力,随着不均匀沉降的发展,构件内力将不断积累,等内力积累到一定程度构件就发生开裂。基桩的不均匀沉降最易使连续梁开裂,裂缝的位置大都在桩顶附近的反弯点上,裂缝从梁顶开始向下发展,裂缝宽度上大下小,裂缝的方向一般与梁的纵轴相垂直。可以用水平仪测定桩顶的高度来推算桩的不均匀沉降,根据桩的不均匀沉降值及梁开裂的裂缝特征即可推知梁的开裂是否由桩的不均匀沉降引起的。

桩的不均匀沉降产生的内力是一个累积的过程。所以,码头建成后要在码头面适当的位置设立永久的沉降观测点,且要进行良好的保护。在以往的码头建设中,一般很少有永久性的沉降观测点。因此,给码头的破损原因分析及其维护带来困难。建议以后码头建设时,在码头常用部位的桩顶位置设立一些永久的沉降观测点。

#### c. 钢筋锈胀裂缝的特征

钢筋在梁或板上布置得较稀疏时,砼内钢筋的锈蚀会使砼表面胀裂,有时裂缝附近砼还带有锈迹。这种裂缝多顺筋分布,位置在受力筋或箍筋的表面,裂缝宽度没有规律,裂缝的宽度由砼的强度、保护层砼的厚度和钢筋的锈蚀程度控制。将裂缝处表面砼剔除,一般会露出锈蚀钢筋。若钢筋在梁或板上布置得较密时,砼内钢筋的锈蚀会使表面砼成层脱落。钢筋的锈蚀裂缝同砼的品质、保护层砼的厚度、构件的工作环境有关,同作用外载的大小关系不大。

#### d. 剪切裂缝的特征

当梁的断面较小,而所受的剪力较大时,在靠桩附近的梁端往往会出现剪切裂缝。剪切裂缝一般为斜裂缝,往往与梁断面成 $45^\circ$ 角,这种裂缝是由梁的抗剪强度不足引起的。

由以上分析知,可以根据裂缝形态及特征,推知构件出现裂缝的原因。

### 3.2.3 砼上部结构砼成层剥落或露筋破损的检测与分析

砼的成片剥落的原因也为多种多样,如物体的撞击、冻融造成的砼强度下降、波浪的冲刷、过大的温度应力使砼挤碎、构件布置钢筋较密时产生的锈胀破损等。可用钢卷尺丈量砼破损的位置及范围,用照像机及文字记录砼破损的特征。

对砼剥落露石的破损,一般对构件强度没有影响,直接用环氧砂浆进行修复即可。对于砼剥落露筋的截面,由于钢筋锈蚀较严重,所以对这类截面强度的削弱要进行评估。如果强度的削弱小于构件在该截面的强度富裕,则对构件强度也没有影响,只要直接维修即可,如果强度的削弱大于构件在该截面的强度富裕,则对该截面需要进行局部补强修复或更换新构件。

### 3.2.4 岸坡的过大变形引起基桩开裂的检测与分析

一般岸坡的变形随着时间而发展。其变形的原因是为了增加码头前沿水深而超挖,挡土墙后超载或挡土墙底被波浪淘空而发生变形等,造成码头向海侧倾斜而使桩发生开裂。桩的开裂发生在水面以上,可以用眼观测,用钢卷尺丈量出桩断裂位置及裂缝长度,超声波探测仪测开裂缝的深度。裂缝宽度大的为受拉区,没有裂缝的部位为受压区,因此可从裂缝宽度变化方向分析出桩所受的弯矩方向,从而推知码头面的水平位移方向。另外用测距仪及经纬仪可以测出码头面的水平位移,综合分析可推知码头的整体变化情况。如果桩的开裂在水面以下,一般通过潜水员的探摸及水下摄像等手段来判断,但有一定难度。当桩开裂的裂缝很小时,在清除桩表面附着的水生物时将裂缝填平,用手很难摸出裂缝,另外在水较混浊的水域,水下摄像的效果不理想。如桩开裂位置在泥面以下,现在还没有可供工程应用的办法来判别泥面以下桩的开裂。对桩开裂的检测方法以后还需要进一步的开发研究。

由于以往码头建设时没有预埋码头水平位移的测点,因此无法确定码头面绝对的水平位移,这样也难以估算桩的绝对变化及所受的内力,所以建议以后新建码头时,在码头面要预埋水平位移观测点。

#### 4 建议码头检测的周期

根据大量的调查资料分析知,码头使用周期在10年以内,码头破损主要由超载,基桩的不均匀沉降,船舶及其它重物的撞击等过大的内外力造成的。它可以通过合理的设计、精心的施工及科学的管理来尽可能减少破损现象,所以在码头投产的前10年中建议码头的检测周期依次为5年、3年、2年,如果发现受力破损构件较多,则适当缩短调查、检测周期。码头使用10年以后,由于砼是一种多孔材料及砼施工的不均匀性,腐蚀性介质会从毛细孔入侵到砼内使钢筋生锈。因为钢筋锈蚀产生砼破损是隐性,砼表面难以发现,所以更具有危险性。为此调查检测周期为每年1次,当有突发事故时还要增加调查、检测次数,使破损构件能及时发现,及时得到维修,始终使码头处于良好的工作状态,维持码头的安全运营。

#### 5 结 语

由于新建码头投资大,建设周期长,投资回报率低,所以要新建大量码头来适应我国水运事业的发展是不现实的。最有效的办法是维护好大量已建的码头,使其处于良好的工作状态。但对既有码头的维护、检测现在还没有较详细的可操作性的理论和方法。本文只求对高桩码头维护、检测有关问题进行一些探讨,有许多问题还有待以后进一步研究。

### Discussion on Maintenance and Inspection for Open Type Pier on Piles

ZHANG Jian - guo, SUN Jian - peng  
(TianJin Port Authority, Tianjin 300456, China)

**Abstract:** Necessity and urgency is stated on maintenance and inspection for open type pier on piles. Damaging types, items and methods of inspection and estimation ways for the structures are discussed. and finally, the inspection period is proposed.

**Keywords:** open type pier on piles; maintenance; inspection

#### 本刊加入“万方数据——数字化期刊群”的声明

为了实现科技期刊编辑、出版发行工作的电子化,推进科技信息交流的网络化进程,我刊现已入网“万方数据——数字化期刊群”,所以,向本刊投稿并录用的稿件文章,将一律由编辑部统一纳入“万方数据——数字化期刊群”,进入因特网提供信息服务。凡有不同意者,请另投它刊。本刊所付稿酬包含刊物内容上网服务报酬,不再另付。

“万方数据——数字化期刊群”是国家“九五”重点科技攻关项目,截止2000年6月已有1500种期刊全文上网(网址: <http://www.chinainfo.gov.cn/periodical>)。本刊全文内容按照统一格式制作编入“万方数据——数字化期刊群”,读者可上因特网进入“万方数据——数字化期刊群”免费(一年后开始酌情收费)查询浏览本刊内容,也欢迎各界朋友通过“万方数据——数字化期刊群”向我刊提出宝贵意见、建议,或征订本刊。