

混凝土铰链沉排护岸工程水下部分铺设质量检测技术与探讨

赵钢,黄俊友,王冬梅,王茂枚,朱大栋

(江苏省水利科学研究院,南京 210017)

摘要:近年来,国内在江河护岸工程实践过程中,创新优化出了预制混凝土铰链沉排护岸的新型结构形式,在多个护岸工程中得到成功应用并取得了良好的防洪护岸效果,但由于其水下排体尺寸较小,施工完成后水下部分的铺设情况很难被准确探测出来,也为水下部分的施工质量进行质量评定带来了困难。在对目前各种水下检测技术进行充分对比分析的基础上,提出超高分辨率多波束测深技术,并利用该技术成功地应用于长江武汉段铰链沉排护岸工程的水下部分施工铺设情况的勘测。实践证明该技术在定量检测预制混凝土铰链沉排工程水下铺设质量方面具有较大的优势,并可作为类似工程水下部分质量检测的技术手段。

关键词:混凝土铰链沉排;多波束;质量;检测

中图分类号:TV861

文献标志码:A

文章编号:1001-5485(2013)06-0031-04

1 研究背景

由于崩岸的机理比较复杂,对不同的河段,应根据崩岸成因、现场施工条件、堤防运行要求及综合经济效益等因素综合考虑,选择最优的治理措施。目前,崩岸治理的方法和形式很多,如采用抛石护坡、木桩、钢板桩等垂直护岸方法,在河床宽阔、水流较缓的地方还可以修建丁坝、顺坝等间断性护岸方法。

近年来,国内在江河护岸工程实践过程中,创新优化出了预制混凝土铰链沉排护岸的新型结构形式,其具有护岸整体性好、抗淘刷能力强、适应河床变形好、施工方便、长期社会效益显著等优点。自20世纪80年代中期首次在国内应用以后,先后在湖北武汉天兴洲护岸工程、安徽铜马大堤护岸工程、江西长江干堤护岸工程以及南京二期河道整治等多个护岸工程中得到成功应用并取得了良好的防洪护岸效果^[1]。

自1985年开始,建设单位在总结混凝土铰链沉排施工经验的基础上,陆续提出了一些较为全面的沉排检验项目和检验标准,但到目前为止,国家、水利行业和各地均没有一个统一的混凝土铰链沉排新型护岸形式质量验收标准。当前,用于水下工程检测的较为常用的技术有单波束测深技术和潜水员水下探摸技术等,受限于水下检测手段,对工程完成后水下部分施工铺设质量尤其缺乏有效的检测方法进行质量

评定。而随着科技的进步和现代电子信号处理技术的发展,多波束全覆盖扫床技术、侧扫声纳技术、水下摄像技术等水下检测应用也逐渐成熟起来了。本文在对目前各种水下检测技术进行充分对比分析的基础上,提出超高分辨率多波束测深技术,并将该技术成功地应用于长江武汉段铰链沉排护岸工程的水下部分施工铺设情况的勘测。

2 预制混凝土铰链沉排

预制混凝土铰链沉排由系排梁、预制砼板铰链排和岸上干砌块石护坡3部分组成。预制混凝土板尺寸通常为50 cm×80 cm×8 cm。其结构布置见图1。

预制混凝土铰链沉排施工工艺由拼排、拉排、排首倒拉上岸就位、沉排、止排、排尾下沉等几部分组成^[2]。

(1) 拼排:在铺好的特制滑道上,根据拼、运排船宽度,进行拼装排体。

(2) 拉排:拉排、连排须均匀、缓慢、协调进行。当上一层单元排体的尾端落至沉排工作平台上时,将上层单元排体尾端与下层单元排体首端连接好,继续拉排。

(3) 排首倒拉上岸、就位:当排首拉到沉排工作平台前沿,靠近圆弧滑板处时,将排首梁改与岸上地锚精车组相连,倒拉排首。当排首拉至系排梁位置或陆铺排尾部时,用u形连接件连接排首和系排梁。

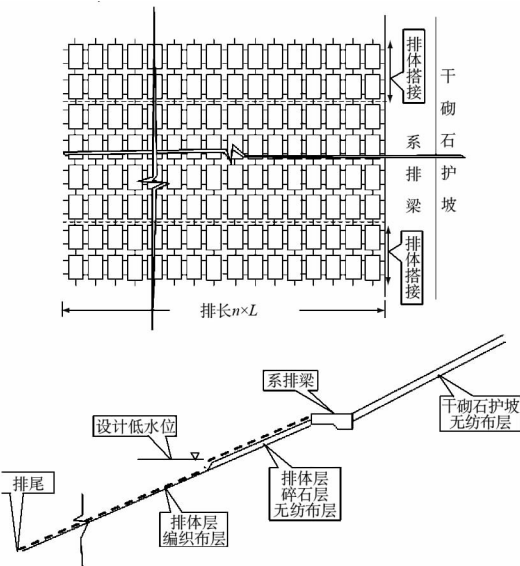


图 1 预制混凝土铰链沉排结构布置图
Fig.1 Sketch of the layout of precast concrete slabs connected with hinges

(4) 沉排、止排:排首上岸就位锁定后,即可进行沉排施工。

(5) 排尾下沉:当最后一个单元排体拉至沉排工作平台后,按沉排步序继续沉排,直至排尾沉至江底落床,在平台上抽掉特制卸扣插销,取起排尾梁,完成一块排体的沉放工作。

预制混凝土板铰链沉排是一种新型柔性的平顺护岸形式,它将预制混凝土板用铰链连接成排体与其下的土工布共同抗冲反滤,具有整体性好、适应河床变形能力强、经济实用的特点。其现场布置见图 2。



图 2 预制混凝土铰链沉排现场布置图
Fig.2 Photo of in-situ precast concrete slabs connected with hinges

3 水下施工铺设质量检测项目

虽然到目前为止,国家、水利行业均没有出台一个统一的混凝土铰链沉排新型护岸形式质量验收标准,但自 1985 年开始,交通部第二航务工程局、南京市长江河道管理处等建设单位在总结多年混凝土铰链沉排施工经验的基础上,开展了一系列相关研究,结合沉排施工工艺和沉排质量控制要求,提出了一些较为全面的沉排检验项目和检验标准。

预制混凝土板的尺寸、搭接情况以及混凝土强度等指标可以在岸上方便地进行检测,并且相应检测技术比较成熟,而沉排水下施工的铺设质量,直接影响到整个工程的防洪护岸效果,因此对混凝土铰链沉排水下部分的施工铺设质量进行质量评定显得至关重要。结合混凝土铰链沉排护岸工程实际情况,在归纳总结以往提出的混凝土铰链沉排护岸工程的沉排检验项目和检验标准基础上,提出以下对混凝土铰链沉排工程整体运行效果影响较大的水下检测项目,作为铺设质量评定指标。

(1) 排体宽度:每个护岸工程根据自身的工程实际,为了达到较好的护岸效果,设计一定的护岸宽度,因此排体宽度是水下部分质量评定的一个重要检测指标。

(2) 排体长度:排体长度一般是根据护岸整体稳定性分析需要防护的等高线确定排体设计长度,因此排体长度也是水下部分质量评定的一个重要的检测指标。

(3) 相邻排体的搭接宽度:为了确保工程能够发挥整体防洪护岸的效果,在设计时相邻排体的搭接方式一般采用从上游至下游盖瓦式搭接,确保相邻排体有一定的搭接宽度。

(4) 水下排体的均匀覆盖程度:在防护区域一般采用相邻排体的盖瓦式搭接,确保排体全覆盖防护区域,起到工程整体防洪护岸效果。但在排体沉放施工过程中,由于水下地形坡面凹凸不平或存在尖锐障碍物以及水流的作用,会出现排体的破损、叠排、拱起和翻转等现象,造成排体不能全覆盖防护区域,影响工程的整体运行效果。

4 检测技术

目前,用于水下工程检测的主要技术有单波束测深技术、多波束全覆盖扫床技术、侧扫声纳技术、水下摄像技术以及潜水员水下探摸技术等。下面结合预制混凝土铰链沉排施工工艺和工程特点,对各种检测技术的适用性和可行性进行分析和探讨。

4.1 单波束测深技术

采用 GPS 实时动态(RTK)技术测量平面和单波束回声测深仪测量水深的方法,组成单波束测深系统,这种技术主要是通过铺排前、后水下地形的变化进行对比检测。由于排体是由预制混凝土板通过铰链连成整体,预制混凝土板厚度一般在 10 cm 左右,排体在施工过程中,会对水下表层的软泥进行挤压,使得被挤压出来的表层淤泥被水流冲走,造成排

体施工完成后,铺排前后的水下地形变化不明显,有的区域的水下高程甚至会出现负增长。

单波束测深技术在施测过程中由于受到风浪的影响以及仪器本身存在一定的测量误差,并且采用断面测量法采集的水下数据点也很有限,因此采用单波束测深技术对这种铺排前、后水下地形变化不明显的工程进行检测,很难从水下高程的变化如实反映出水下整个排体的情况,因此单波束测深技术不适合该工程完工后的质量检测。

4.2 多波束全覆盖扫床技术

多波束全覆盖扫床技术是一种具有高效率、高精度和高分辨率的水底地形测量新技术,与传统的单波束测深技术相比较,该技术具有测量范围大、速度快、精度高等诸多优点^[3],它把测深技术从原先的点线状扩展到面状,并进一步发展到立体测图,从而使海底地形测量技术发展到一个较高的水平。多波束测深系统结构如图 3 所示。

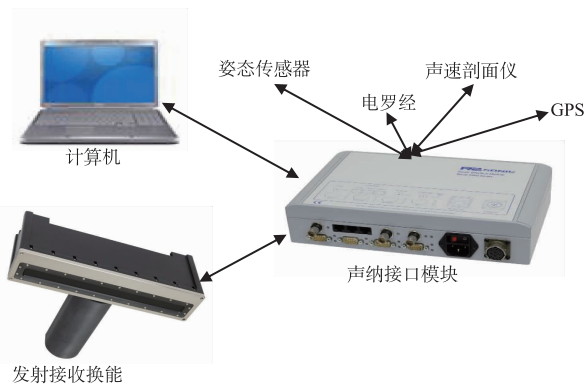


图 3 多波束测深系统结构图
Fig.3 Structure of multi-beam sounding system

目前,超高分辨率浅水多波束测深系统由换能器、甲板单元、光纤罗经、运动传感器和全球定位系统(GPS)等组成,能同时发射 256 个及以上波束,波束角 $0.5^{\circ} \times 1^{\circ}$,覆盖宽度达到 $10^{\circ} \sim 160^{\circ}$,水下分辨率为 1.25 cm。假设在水深 10 m,多波束覆盖宽度选用 10° ,水下地形较平坦情况下,多波束对水下地形采集密度可达到每隔约 1 cm 采集一个数据点,因此该技术可做到对水下进行全覆盖、高精度扫测,能精确反映河床的细微变化,可进行水下微地形测量和检测。

利用该技术可直接对铺排完成后整个铺排区域进行高分辨率、高精度、全覆盖扫测,根据采集的大量水下数据点,建立高清晰的水下三维模拟图,直观地反映出水下排体的整体情况。可在地形图中方便地量出排体宽度、长度和相邻排体搭接宽度等指标,并能在水下三维模拟图中直观地查看水下排体的覆盖情况,是否出现漏铺。该技术适合预制混凝土铰链沉排工程完工后的铺设质量检测。

该技术成功地应用于长江武汉段铰链沉排护岸工程的水下部分施工铺设情况的勘测,该工程预制混凝土板的平面形状呈现为长方形,其尺寸为 $40\text{ cm} \times 26\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ (长 \times 宽 \times 厚),其重量为 21.93 kg,将 400 m 宽的排分成 10 张 40 m 的排,然后拼起来并通过标准的 40 m 铺排船进行铺排。通过对水下铺排区域进行多波束全覆盖扫床,根据采集的大量水下数据点信息,建立高清晰的水下三维模拟图,直观地反映出水下排体的整体情况,可利用专业软件对铺排区域的排体宽度、长度、搭接宽度进行量取,并可直观地反映有无漏铺及其漏铺的位置、铺排的均匀程度等情况(见图 4、图 5)。

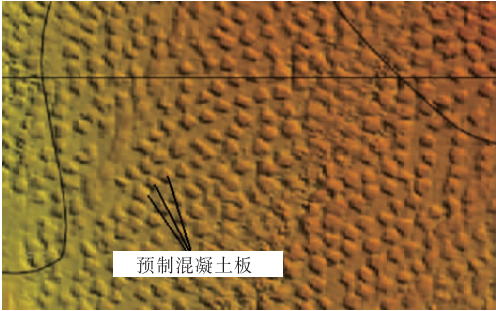


图 4 多波束测深系统扫测的水下排体的三维模拟图
Fig.4 Three-dimensional simulation of underwater concrete slabs by multi-beam sounding system

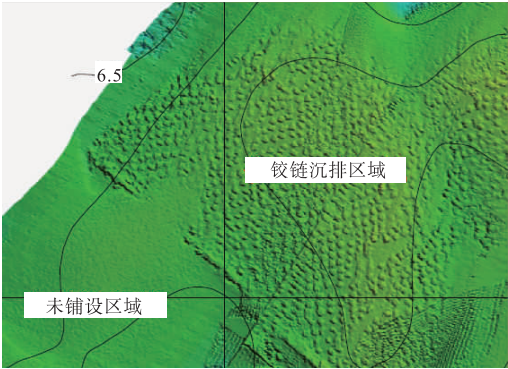


图 5 水下铺排区域与未铺区域对照图
Fig.5 Comparison between concrete-slab covered area and uncovered area

4.3 侧扫声纳技术

侧扫声纳设备一般是由拖在水中的拖鱼、线缆和船上的处理器 3 部分组成。工作时由随船行进的拖鱼产生两束与船行方向垂直的扇形声束,声波碰到海底被反射回来,通过回波强度变化辨识目标物。

扫海时在水中的拖鱼与安置在船上的 GPS 定位天线有一定的距离偏差,这个距离偏差在扫海前根据线缆的长度和船速大体上可以进行改正。但是在实际扫海时,距离偏差会随着船速、航向、水的流速和流向的变化而变化,这就给拖鱼的定位以及侧扫声纳识别的水底目标物的定位带来困难,另外侧

扫声纳不能进行声速和潮汐等改正,因此侧扫声纳探测出的水下目标物的定位精度会存在较大的误差,有时甚至会达到十几米。由于该技术对探测目标定位精度上存在较大误差,因此不大适合对预制混凝土铰链沉排工程排体长度和宽度进行定量检测,但可以作为其他检测技术的一种补充和验证。

4.4 水下摄像及潜水员水下探摸技术

水下摄像技术和潜水员水下探摸技术受工况条件限制比较大,水下摄像技术对水的清晰度要求非常高,较浑浊的条件会影响水下摄像的视野甚至根本无法获得水下影像,潜水员水下探摸技术受水的流速和深度影响较大,这两种技术的工作效率低,而且无法定位和获得大面积水下目标物的尺寸数据,因此不适合预制混凝土铰链沉排工程排体长度和宽度的定量检测,但可以作为其他检测技术对局部关键部位检测的一种补充和验证。

5 结论和建议

(1) 预制混凝土铰链沉排由预制混凝土板拼接而成,其尺寸通常为 $50\text{ cm} \times 80\text{ cm} \times 8\text{ cm}$,由于其尺寸较小,施工完成后水下部分很难被准确探测出来,为水下部分的施工铺设质量进行质量评定带来了困难。

(2) 混凝土铰链沉排的排体宽度、长度、相邻排体的搭接宽度和水下排体的均匀覆盖程度等指标关系到施工质量和工程完成后整体的运行效果。

(3) 在对目前各种水下检测技术进行充分对比分析的基础上,提出多波束全覆盖扫床技术由于具有全覆盖、高精度和高分辨率的特性,能精确反映河

床的细微变化,在定量检测预制混凝土铰链沉排工程铺设质量方面具有较大的优势,可作为类似工程的一种质量检测的技术手段。

(4) 工程施工完成后,工程水下部分区域的水下地形会发生较大变化,排体极易沉入河底,被淤泥覆盖,而多波束全覆盖扫床技术主要是对河底排体表面进行扫测,如被泥沙覆盖后,则无法检测泥沙下面排体的实际铺设情况,因此建议工程完工后,应立即开展水下部分施工铺设质量检测,否则会影响该技术的检测效果。

参考文献:

- [1] 陈辉,吴杰,赵钢,等.多波束测深系统在长江沉排护岸工程运行状况监测中的应用[J].长江科学院院报,2009,26(7):14-16. (CHEN Hui, WU Jie, ZHAO Gang, *et al.* Application of Multi-beam Echo Sounder in Monitoring Running Conditions of Precast Concrete Slab Connected with Hinges to Protect Yangtze River Embankment[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2009, 26(7): 14-16. (in Chinese))
- [2] 李涛章,叶松,廖小元,等.铰链混凝土板沉排新技术与施工实践[J].人民长江,2002,33(8):26-29. (LI Tao-zhang, YE Song, LIAO Xiao-yuan, *et al.* The New Technology of Precast Concrete Slab Connected with Hinges and Practice[J]. Yangtze River, 2002, 33(8): 26-29. (in Chinese))
- [3] 李成刚,王伟伟,阎军.传统多波束系统与具有相干特点的多波束系统的研究[J].海洋测绘,2007,27(2):77-80. (LI Cheng-gang, WANG Wei-wei, YAN Jun. Study on Traditional Multi-beam and Interferometric Multi-beam[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2007, 27(2): 77-80. (in Chinese))

(编辑:曾小汉)

Technique of Quality Inspection for the Underwater Precast Concrete Slabs Connected with Hinges

ZHAO Gang, HUANG Jun-you, WANG Dong-mei, WANG Mao-mei, ZHU Da-dong
(Jiangsu Hydraulic Research Institute, Nanjing 210017, China)

Abstract: The precast concrete slab connected with hinges is a new structure of embankment protection, and has been successfully applied to some embankment protection projects. However, since the size of underwater slab is very small, the underwater layout of concrete slab is difficult to be detected, which brings about difficulty to the appraisal of underwater construction quality. Through analyzing and comparing various underwater inspection techniques, we present the multi-beam echo sounding with ultra high resolution which is applied to the investigation of embankment protection with hinge-connected concrete slabs in Wuhan segment of Yangtze River. This technique is proved to be advantageous in the inspection of underwater precast concrete slabs connected with hinges, and could also be applied to similar underwater engineering.

Key words: precast concrete slab connected with hinges; multi-beam echo sounding; quality; inspection