



深水无护底薄层抛石施工验收方法

莫建波, 陈翔

(上海交通建设总承包有限公司, 上海 200136)

摘要: 深水区域的无护底薄层抛石结构应用日趋广泛, 但现有规范的验收方式难以有效适应实际情况。结合长江口12.5 m深水航道一期工程白茆沙一标段新建闸区域的无护底抛石施工3个阶段的典型段施工, 对无护底水下抛石施工技术和质量控制进行系统的分析, 为类似工程提供借鉴。

关键词: 无护底; 水下抛石; 薄层

中图分类号: U 655.54

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)07-0006-05

Inspection method for deepwater non-bottom protection thin-layer riprap construction

MO Jian-bo, CHEN Xiang

(Shanghai Communications Construction Contracting Co., Ltd., Shanghai 200136, China)

Abstract: The application of non-bottom protection thin-layer riprap structure in the deep water area is increasingly widespread, but the inspection and acceptance for it stipulated in the existing code is difficult to adapt to the actual situation effectively. Based on the typical construction in the non-bottom protection thin-layer riprap construction in the 12.5 m Yangtze estuary deepwater channel phase I project Baimaoshan bid I newly-built lock area, we carry out a systematic analysis of the construction technique and quality control of non-bottom protection thin-layer riprap, so as to provide reference for similar projects.

Keywords: non-bottom protection; underwater riprap; thin-layer

针对水下抛石护岸技术, 现有施工规范主要有 JTS 257—2008《水运工程质量检验标准》^[1]、SL 260—2014《堤防工程施工规范》^[2]、DB 32/T 2334.2《水利工程施工质量检验与评定2规范第2部分: 建筑工程》^[3]等, 其中对水下抛石棱体的检验内容主要是棱体宽度与高程。在12.5 m深水航道一期工程白茆沙一标段中, 新建闸区域为无护底抛石, 易发生沉降挤淤后部分块石已沉陷至滩面或淤积的现象, 现有规范的检测、验收方式难以有效适应该处区域无护底薄层抛石的施工实际情况, 因此亟需研究、制定新的检测、验收办法。

1 工程概况

新建闸护岸施工区域处于长江河口段白茆沙水道北水道内, 工程河段受潮汐影响, 潮汐性质属非正规半日浅海潮。一般涨潮流历时约4 h, 落潮流历时约8 h。涨落潮流速不一致是本河段较为突出的特点, 一般情况下, 主槽的落潮流速大于涨潮流速, 由于落潮流速大、历时长, 因此, 落潮流是塑造本河段主槽河床形态的主要动力, 而塑造支槽和边滩河床形态的动力因素则往往是涨潮流。

本河段地处长江入海口三角洲地带, 受河流冲积作用和滨海沉积作用的共同影响, 地貌分区属滨海冲积平原区长江水下江心洲, 该段水域宽

收稿日期: 2016-01-19

作者简介: 莫建波(1984—), 男, 工程师, 从事港航工程施工管理工作。

阔, 河床宽一般 8~12 km, 场地水下地势起伏较大, 各江心沙洲较高, 各江心沙洲之间夹槽较低, 泥面高程一般 1~14 m, 最深达-35 m。工程区域水下岸坡以淤泥、松散状粉细砂为主组成, 均属新近淤积的松软土体, 其强度低、抗冲刷能力差。

工程施工内容主要包括崇明岛右缘新建闸上游约 2 km 的岸段, 以及该范围内原有 4#丁坝的加长。护岸抛石总长约 2 km, 抛石棱体宽 15~50 m, 抛石处最大水深约 50 m。水深流急, 块石抛投过程中在水流作用下漂流量较大。另外, 护岸抛石厚度较薄, 仅为 1.5~2.0 m, 施工过程仅需控制抛石厚度即可, 但易发生沉降挤淤后部分块石已沉陷至滩面或淤积的现象。工程平面位置见图 1。

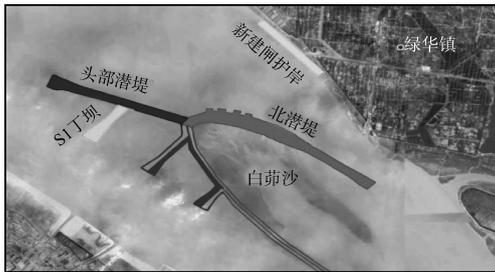


图 1 白茆沙一标段整体布置

2 典型段施工

在如此深的水域进行无护底薄层抛石施工, 施工难度较大, 且没有可以借鉴参考的类似工程施工经验, 因此需进行典型段施工, 以准确掌握该区域水下抛石实际成型情况。典型段施工完成后, 及时总结施工过程控制措施及工后成型情况, 具备施工经验后再进行大范围正式施工。

因工程区域工况条件较差、施工断面较小、施工断面控制难度较大, 因此进行了 3 个阶段的典型段施工 (图 2), 以总结出切实可行的实际施工参数及相应的工后验收办法。

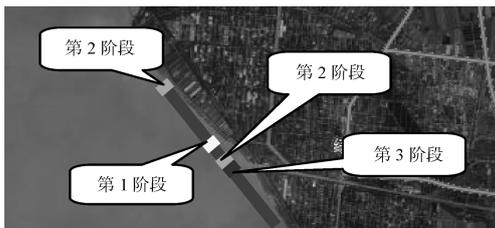


图 2 各阶段典型施工位置

2.1 第一阶段典型施工

为掌握不同水深、流向情况下, 块石的水下漂移量, 以便保证水下抛石成型效果, 特选取 A0+900~A0+950 为新建闸护岸工程典型段。选取该断面的原因和意义在于: 该区域位于护岸加固工程中间位置, 水深 30 m 左右, 为护岸区域的平均水深, 施工难度中等, 且坡面从平坦逐渐过度到陡坡, 具有一定的代表性 (图 3)。

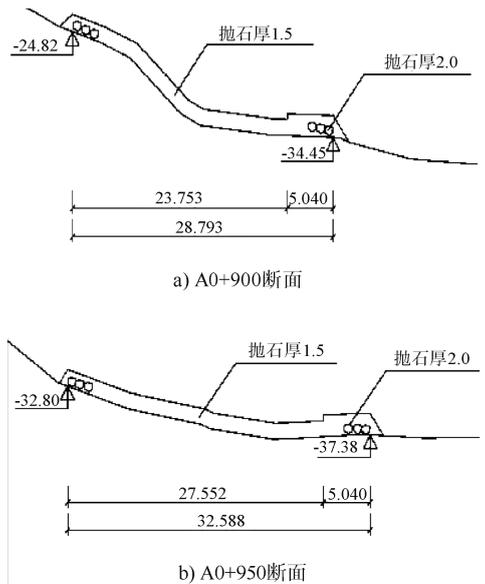


图 3 第一阶段典型段区域断面 (单位: m)

2.1.1 施工情况

典型施工于 2013 年 8 月 21 日正式开工, 至 2013 年 9 月 1 日施工结束。施工前采用测深仪对拟施工区域进行抛前扫测, 掌握水下地形滩面变化情况。典型段施工区域理论抛石宽度为 28.793~32.588 m, 抛填量为 2 428 m³ (其中护坡 1 924 m³, 压脚 504 m³), 施工过程中实际抛填量为 2 809 m³, 抛填系数为 1.16 (表 1)。

表 1 第 1 阶段典型施工情况

时间	施工方量/m ³	施工桩号	潮位/m
2013-08-21T10:00—18:30	866	A0+900~A0+915	1.25→2.81 大汛涨潮
2013-08-31T13:00—18:00	1 213	A0+915~A0+940	2.28→2.65 小汛涨潮
2013-09-01T13:00—19:00	730	A0+940~A0+950	3.01→2.10 小汛落潮
合计	2 809	A0+900~A0+950	

2.1.2 结果分析

1) 水深测量数据。

典型段共计有 4 次测量数据，分别为 2013 年 7 月 3 日第三方工前测量数据、2013 年 8 月 19 日项目部抛石前测量、2013 年 9 月 2 日抛石后自测，9 月 10 日监理联合检测。

8 月 19 日项目部抛石前测量和第三方工前测量数据相比，总体滩面变化不大；9 月 2 日抛石后自测与 7 月 3 日第三方测量数据相比，该段区域已呈淤积态势，抛石范围内最大淤积厚度约 7 m；9 月 10 日监理复测与 9 月 2 日项目部自测相比，整体变化不大。此外，抛石范围外侧，靠近河心段(抛石范围外侧 50 m 区域)也成淤积态势，最大淤积厚度约为 7 m。

新建闸护岸段紧邻岸线，滩地高程较小，滩面变化较大，施工区域水深流急，水流状态复杂，受上、下游丁坝挑流影响，该处区域可能存有沿堤流、绕堤流、涨落水流以及垂直于岸线的水流等，水流综合作用影响使该段范围内流态在抛石完成后发生改变，同时在抛石过程中对水下的原泥面造成扰动，导致淤积的发生。

2) 旁扫测量数据。

使用 klein 3000 配套软件 SonarPro 进行侧扫影像数据采集。为确保扫测图像清晰，扫测过程中测船航速始终低于 4 kn，严格按照设计测线进行作业。根据旁扫测量成果可以明显看出抛石范围，但抛石范围整体向江心有一定的偏移。其中 A0+900~A0+920 段抛石宽度不足，实测抛石宽度约为 9 m，较理论宽度少约 19 m；A0+920~A0+950 段抛石范围出现了一定的偏差，整体向河心侧偏移，最大超出理论抛石范边线 10 m，但靠岸侧约有 15 m 空白区，整体抛石范围处于受控状态(图 4)。

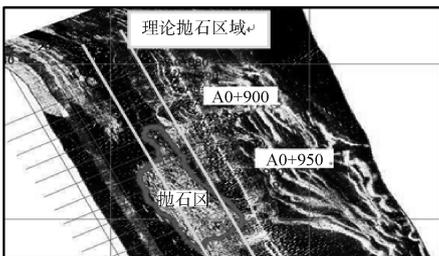


图 4 第 1 阶段典型段旁扫测图

根据抛石断面可知，该段施工范围内滩面变化剧烈，岸坡坡比约为 1:2.5，抛石范围紧邻岸坡坡脚。其中 A0+900~A0+920 段抛石范围位于坡上，施工过程中块石入水后沿滩面滑移。A0+920~A0+950 段抛石范围多位于坡脚，施工过程中受坡度影响，可能导致靠岸侧抛石向靠河心侧滑移，由此导致 A0+920~A0+940 段抛石范围整体向江心偏移。

后续施工中，将根据本次测量结果，对后续坡面较陡的区域多预留一定的靠岸侧预抛值(5 m 左右)，以保证水下块石成型效果。

2.2 第 2 阶段典型施工

第 1 阶段典型施工选取 A0+900~A0+950，通过抛前、抛后的水深测量比对可知，断面成型效果并不理想。为此，决定选取与第三方工前相比滩面基本无变化的 A0+000~A0+050 及滩面变化较大的 A1+100~A1+150 段两个区域作为第 2 阶段的典型施工段，第 2 阶段典型施工增加了补抛环节，旨在通过这项措施观察补抛后的断面成型情况(图 5)。

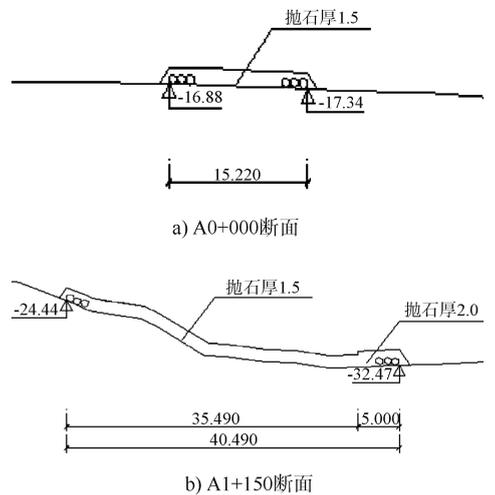


图 5 第 2 阶段典型段区域断面 (单位:m)

2.2.1 施工情况

第 2 阶段典型施工期为 2013 年 9 月 17—21 日。其中，9 月 17—18 日为首次抛填，抛填量略大于设计方量；9 月 19 日对部分区域进行了补抛范围和补抛量的计算，随即进行补抛施工；9 月 21 日补抛结束，并于下午对补抛区域进行重新测量。

共投入 2 条定位抛石船, 船上均装载有 GPS 定位系统, 可保证抛石入水点精度。施工前采用测深

仪对拟施工区域进行抛前扫测, 掌握水下地形滩面变化情况(表 2)。

表 2 第 2 阶段典型施工工后测量数据

桩号	设计方量/m ³	抛填总量/m ³	理论面积/m ²	实抛面积/m ²	平均厚度/m	实测平均厚度/m	平均挤淤厚度/m
A0+000~A0+050	1 141	2 038	750	870	2.34	1.15	1.19
A1+100~A1+150	3 155	5 655	2 020	2 686	2.11	0.76	1.35

2.2.2 结果分析

1) 水深测量数据。

①A0+000~A0+050 段。

根据 9 月 12 日工前水深与 7 月 3 日工前水深比对可知, 该区域地形变化基本稳定, 9 月 19 日抛后水深测量显示抛石取得了一定效果, 平均厚度达到 0.55 m。9 月 21 日补抛完成后再次测量, 平均厚度达到 1.15 m, 但与设计厚度仍有一定差距, 为设计厚度的 77%。

②A1+100~A1+150 段。

在第 1 阶段 A0+900~A0+950 完成施抛后, 该工区及其附近区域的水深发生了显著变化, 总体呈现淤积态势。根据 9 月 12 日的工前水深与 7 月 3 日第三方水深比对可知, A1+100~A1+150 工区的地形抬高了 2~3 m。第 2 阶段的典型施工在此基础上进行。通过 9 月 19 日的抛后数据看, 抛后平均厚度为 0.6 m, 9 月 21 日补抛完成, 平均厚度略有增加, 为 0.76 m, 仅达到设计厚度的 50% (表 3)。

表 3 第 2 阶段典型施工厚度

典型工区	抛前与第三方水深比对	抛后平均厚度/m	补抛后厚度/m	设计厚度/m	占设计厚度/%	抛后与第三方滩面高程增加/m
A0+000~A0+050	基本吻合	0.55	1.15	1.5	77	1.26
A1+100~A1+150	泥面抬高 2~3 m	0.60	0.76	1.5	50	3.47

2) 旁扫测量数据。

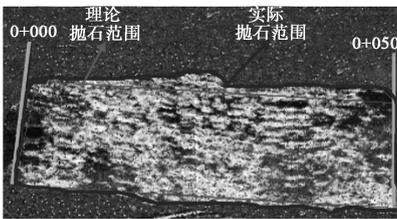
9 月 21 日补抛完成后的旁扫图显示, A0+000~A0+050 及 A1+100~A1+150 工区内抛石范围与设计边界基本吻合(图 6)。

2.3 第 3 阶段典型施工

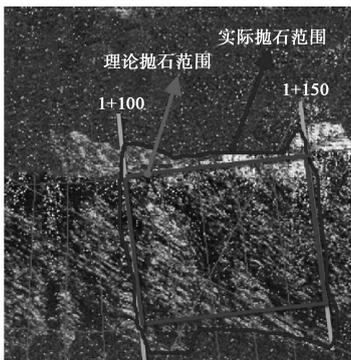
通过 A0+000~A0+050 及 A1+100~A1+150 两个典型施工段的抛石、测量、补抛、再测量的流程循环, 结合抛后水深测量及旁扫的检测手段, 形成了详实的典型施工参数。

第 3 阶段 A1+150~A1+200 段的施工对抛石总量进行控制。利用手持式测深仪按 10 m (沿轴线方向代表两个网格) 一个断面、每个断面按照每 2 m 检测 3 个点取平均值进行抛前抛后的即时测量。

块石入水后, 一部分将沉入淤泥中, 该部分厚度无法测量; 另一部分突出泥面, 可用手持式测深仪测量, 块石水下成型效果见图 7。



a) A0+000~A0+050



b) A1+100~A1+150

图 6 第 2 阶段典型段旁扫测图

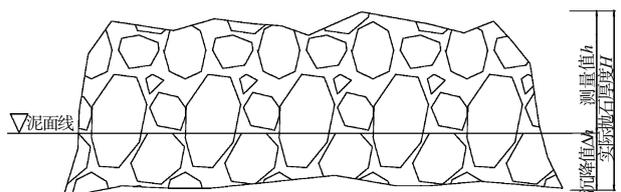


图 7 无护底抛石水下成型效果

实际抛石厚度 $H = \text{测量厚度 } h + \text{沉降值 } \Delta h$ (1)
 其中测量厚度 h 可以通过手持式测深仪即抛即测得出

结果, 而沉降值 Δh 则无法通过测量获取。第 3 阶段典型施工情况见表 4。

表 4 第 3 阶段典型施工情况

桩号	设计方量/m ³	抛填总量/m ³	理论面积/m ²	实抛面积/m ²	总量测算厚度 H/m	测量计算厚度 h/m	挤淤厚度 Δh /m
A1+150~A1+200	3 100	3 650	2 000	2 212	1.65	1.23	0.42

此外, 因 A0+000~A0+050 段采用抛石过后船舶测深仪跑测的测量方式, 间隔时间较长, 因此沉降挤淤厚度数值较大, 不足以实时反映水下

抛石成型情况。所以对 A0+050~A0+100 段抛石施工采用随抛随测、手持式测深仪测量的方式(表 5)。

表 5 A0+050~A0+100 段抛石实际厚度测算

桩号	设计方量/m ³	抛填总量/m ³	理论面积/m ²	实抛面积/m ²	总量测算厚度/m	测量计算厚度/m	挤淤厚度/m
A0+050~A0+100	1 170	1 450	795	890	1.63	1.22	0.41

综上所述, 在抛石量达到设计要求后, 采用即抛即测的验收方式, 可较准确地测算出抛石厚度 h , 但仍有一部分块石不可避免地沉降挤淤至淤泥中, 而该部分沉降值 Δh 尚无法准确测量。根据地质、施工、数模试验等情况综合确定 0+000~0+500 段 Δh 为 0.41 m, 0+500~1+000 段 Δh 为 0.44 m, 1+000~1+500 段 Δh 为 0.42 m, 1+500~2+000 段 Δh 为 0.43 m。验收时, 现场施工采用手持式测深仪测量的厚度 h 加上设计确定的沉降挤淤厚度 Δh 即为该段区域的抛石实际厚度, 由此可较准确反应水下实际抛石情况。

的时效性。但是滩面沉陷值仍然存在, 尚需设计单位明确施工区域的滩地沉降量。

第 3 阶段典型施工采用第 2 阶段的施工作业参数, 规范了手持式测深仪的测点间距和操作模式, 在出具施工区域滩面瞬时沉降量的基础上, 检测抛石厚度。通过水下旁扫声纳成像的技术检测水下块石的抛填范围, 通过驻船旁站的方式控制抛填总量, 至此形成一套从总量、范围、厚度全方位检测的验收办法。

无护底薄层抛石施工具有一定的特殊性, 现有施工规范中尚无合理的施工验收规范, 在以后的类似工程施工中, 可借鉴参考本工程施工经验与验收办法, 进行施工验收及评定工作。

3 结论

本工程共计进行了 3 个阶段的典型施工。

第 1 阶段典型施工后, 未能获取有效的施工作业参数, 也不足以制定有效的验收技术办法。

第 2 阶段典型施工在总结第一阶段的基础上, 合理控制施工作业参数, 取得了较好的效果, 抛石范围基本满足设计施工要求; 采用手持式测深仪即时测量的方式进行抛石厚度检测, 具有一定

参考文献:

[1] JTS 257—2008 水运工程质量检验标准[S].
 [2] SL 260—2014 堤防工程施工规范[S].
 [3] DB 32/T 2334.2 水利工程施工质量检验与评定规范第 2 部分: 建筑工程[S].

(本文编辑 郭雪珍)