

浅谈淤泥质海岸港口防波堤施工技术分析研究

夏爱根¹, 王炎², 康玉磊³

(1. 江苏盐城港控股集团有限公司, 江苏 盐城 224006; 2. 中交一航局第一工程有限公司, 天津 300456;
3. 中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 天津 300222)

摘要: 本文结合工程实践案例, 对沿海淤泥质海岸防波堤工程项目的施工技术进行分析研究, 从重点工序的进度控制管理、成本控制管理、技术质量控制管理等方面阐述了防波堤施工精细化管理的具体做法, 从而为工程项目服务, 达到加强项目管理提高技术经济效果的目的。

关键词: 精细化; 管理; 过程控制; 防波堤

中图分类号: TU312 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2021) 12—0108—04

防波堤在海港工程建设中扮演重要角色, 为港口工程起到防御波浪、围护港池、减淤挡沙的作用; 尤其是在沿黄海地区淤泥质海岸线中, 防波堤挡沙减淤作用显得越来越重要, 同时也对该地区特殊自然条件下建设防波堤的施工技术管理工作提出更高要求。加强施工过程中精细化管理, 及时总结分析技术管理要求并加以推广应用, 将有效提高淤泥质海岸港口防波堤建设工程质量和经济效益。

下面依据具体项目针对防波堤建设的施工技术管控进行分析研究。

1 工程实例

盐城港射阳港区 5 万吨级航道工程以盐城港射阳

港区 3.5 万吨级航道为基础, 通过加宽、浚深、延长扩建成 5 万吨级航道, 配套进行南、北导堤改造及导助航设施的建设。北导堤先导实验段工程设计极端高水位 5.23m, 设计高水位 3.32m, 设计低水位 0.24m。主要施工内容为对北导堤堤根处 100m 防波堤进行改造, 施工方案为拆除堤顶 2T 扭王字块、铺设 300~400Kg 压脚块石、预制安装 4T 扭王字块、浇筑压顶混凝土。

北导堤现状为抛石斜坡堤, 堤心采用块石结构, 堤顶和堤身两侧采用 2t 扭王字块护面, 外海测和航道侧坡面均为 1: 2, 堤顶标高约为 3.3m。本次改造过程中需先拆除现状堤顶的扭王字块, 对堤顶进行抛石整平处理后, 施工素混凝土垫层, 其上现浇混凝土压顶, 混

5 工效分析

采用移动模板支架, 每浇筑一个结构段只需要 7 天, 如果采用传统模板支架, 经测算需要 11 天, 在同样的资源投入情况下, 完成鱼道拱顶混凝土施工, 可节省工期约 60 天。与采用传统模板支架相比, 每浇筑一个结构段可节省模板安装及拆除的人工日 40 个, 8T 汽车吊台班 4 个, 16 个结构段可节省费用 $(40 \times 200 + 4 \times 1000) \times 16 = 192000$ 元。

经综合评价分析, 采用创新移动模板支架施工鱼道拱顶, 综合效益显著。

6 结语

(1) 本文介绍了采用创新移动模板支架工艺施工鱼道拱顶, 该施工工艺简单, 工装只需自行加工及安装,

无需工厂订制, 无需反复的模板安装与拆除, 节省了人工及机械设备的投入, 大大提高了效益, 加快了施工进度, 施工质量也得到了保证。

(2) 该移动模板支架结构安全, 操作方便, 仅在拱架移位、升降过程中加强安全控制, 严格遵守操作规程, 减少安全隐患。

(3) 鱼道拱顶移动模板支架创新技术具有一定的推广应用价值, 可为类似工程提供借鉴。

参考文献:

- [1] GB51210-2016, 建筑施工脚手架安全技术统一标准[S].
- [2] JGJ166-2016, 碗扣式钢管脚手架安全技术规范[S].
- [3] SL677-2014, 水工混凝土施工规范[S].

凝土压顶的顶标高为4.0m。为保证压顶稳定，在压顶南、北两侧施工4T扭王字块护面，扭王字块与海床泥基面接触处抛300~400kg块石。

2 重点工序精细化管控分析研究

精细化管控与常规管理体系不同，精细化管控是建立在常规管理的基础上，并将常规管理、控制工作细致化、深入化。项目精细化管控是结合项目现状，找准关键问题、薄弱环节，使整个管理过程趋向规范化和系统化，从而保证每道工序、每个环节都能准确、高效地运行，达到成本更低、效率更高、质量更好的目的。

2.1 压脚块石

本工程所用压脚块石设计标准为300~400Kg，施工前应严格控制块石规格质量，压脚块石应选择新开采、无风化、无裂缝、非片状的饱满花岗岩。抛理块石施工时，采用统一抛石、分区理坡的方式施工，采用GPS仪器对现场压脚块石标高、编距、位置进行严格控制。对照《水运工程质量检验标准》（JTS257-2008）无本工程所用300~400Kg块石抛理质量检验标准，本着质量严格控制、工程精益求精的原则，施工中从高对标，严格按照100~200Kg块石质量标准，块石抛理允许偏差值设定为 $\pm 300\text{mm}$ ，使得块石抛理工程质量得到了有效保证。

2.2 扭王字块

2.2.1 模板的选择

为提高混凝土成型质量，模板全部采用定型钢模板，钢模板具有拆卸方便、组装简单、刚度大、周转次数多、混凝土成型质量好等优点。扭王字块模板设计型式为立式，底面放在钢胎膜上，上口下灰，每套模板由对称的两片组成，支立时用螺栓连接，拆模时用丝杠顶开。

新模板进场前进行尺寸验收，模板长度、宽度、表面平整度等满足规范要求后方可投入使用。两片侧模及侧模与底模之间贴止浆条并用螺丝连接紧密防止混凝土浇筑过程中漏浆。

模板运送至施工现场后，首次使用前对模板内部进行精细打磨，着重打磨模板焊接缝，保证模板砼握裹面光滑、无焊凸点。质检人员对模板打磨进行抽检，发现模板打磨不符合要求时，要求现场施工人员对模板重新打磨至符合相关要求。模板打磨完毕，对扭王字块模板内部涂刷脱模剂，脱模剂涂刷至模板内部，保证涂刷

连续均匀性及不可漏刷，雨天禁止涂刷脱模剂。

使用过的模板，脱模后立即进行清理，首先清理内部砼握裹面，必须达到无尘无灰、洁净如新的要求。然后整理模板外部，如果发现表面变形、对缝翘曲、螺孔异常等情况必须修理合格后才能投入使用。



图1 清理模板

2.2.2 预制过程控制

混凝土浇筑时严格控制混凝土分层厚度，厚度30cm进行一次振捣，振捣棒避免碰撞模板，振捣过程中，与侧模保持5~10cm的距离，插点均匀，按交错式进行振捣，移动间距不超过作用半径的1.5倍。每一次振捣棒插入下层混凝土5~10cm，使两层混凝土结合成一体。混凝土振捣时间控制在30~40秒之间，振捣至混凝土不再下沉，表面开始泛浆，不出现气泡为止。在混凝土浇筑至中间两分支处，暂停浇筑，采用弯折60°钢管与振捣棒相固定斜插入扭王字块模板斜面处，将斜面仔细振捣后再继续浇筑，防止斜面气泡的产生。浇筑至顶面时进行再次振捣，将顶面浮浆密实。浇筑完后，对扭王字块顶部表面二次压光。

扭王字块预制涉及冬期施工时，需严格控制混凝土入模温度，每次浇筑时采用温度计对混凝土入模温度进行测量。浇筑完成后严禁洒淡水养护，扭王字块模板拆除后采用塑料薄膜对预制完成的扭王字块进行严密包裹，从而达到保湿的效果，为避免混凝土表面发生冻融破坏以造成扭王字块表面分层脱落，同时采用棉被对扭王字块进行二次包裹，以达到保温效果。



图2 二次抹面

2.2.3 安装过程控制

将护脚块石整平后，通过 GPS-RTK 对扭王字块安装边界线进行放样，采用红油漆进行标识，明确安装边界线。采用叉车将扭王字块倒运至堤顶拆除面上，为对扭王字块成品进行保护，叉车与扭王字块接触面上采用橡皮块进行隔离，避免叉脚与扭王字块成品直接接触，发生损坏。扭王字块的安装采用 25t 汽车吊进行安装，扭王字块从北侧压脚块石逐步向堤顶安放。采用定点规则安放，安放时块体与坡面线呈斜向放置。严格控制最边缘侧面第一排扭王字块位置，要求和棱体块石紧密接触，安放后保证牢固。在吊放过程中保证构件各吊点同时受力，轻吊轻放，采取废弃轮胎做倒地防撞措施，避免构件棱角损坏。



图3 扭王字块安装

2.3 现浇压顶块体

现浇压顶块体共二十块，其中东侧六段采用钢筋混凝土，剩余十四段采用素混凝土。每块现浇压顶块体预留泄压孔 30 个，孔直径为 40cm。

2.3.1 现浇压顶块体位置确定

为准确定位现浇压顶块体的位置，测量人员将压顶块体位置控制点依据图纸导出，后用全站仪对压顶块体位置控制点进行精确放样，现场采用红油漆进行标识，根据图纸及放样点，使用墨斗，将每块压顶块体位置线标识于混凝土垫层上，便于后期模板准确定位组装。

2.3.2 钢筋骨架及预埋件控制

若在压顶块体浇筑工作面上进行钢筋骨架焊接，受潮水影响，施工效率会显著降低，为提高施工效率，将焊接场地定于预制场地错车平台处。焊接完成后的通过平板车运输至现场，使用 25T 吊车安装就位。

为优化施工工艺，直径为 40cm 的压顶块体泄压孔，采用预埋直径为 40cm 波纹管来替代。采用此工艺，波纹管预埋位置的准确性、如何固定波纹管是一个新的难题。经过仔细研讨，在混凝土垫层上确定压顶块体位置

的标识墨线上进行补充，将每个泄压孔的位置也依据图纸进行弹线标识。在每一个泄压孔位置边侧处，预埋三根钢筋对波纹管位置进行确定。避免波纹管顶部位置发生偏移，现场依据图纸泄压孔位置，采用脚手架钢管制作一个顶部波纹管定位安装架，依据底部及顶部定位，使得波纹管位置精确定。

浇筑过程中，为避免混凝土产生的浮力造成波纹管上浮，在混凝土垫层上预埋膨胀螺勾，通过铁丝与顶部安装定位架上放置的模板对拉，避免波纹管上浮。



图4 波纹管安装



图5 钢筋绑扎

2.3.3 大体积混凝土浇筑质量控制

罐车运输混凝土至现场浇筑场地后，现场进行自卸浇筑。混凝土分层进行浇筑，分层厚度控制为不大于 50cm，混凝土振捣采用 $\phi 70\text{mm}$ 插入式振捣器进行振捣，振捣时从近模板处开始，先外后内，移动距离大约为 450mm，振捣器与模板间的距离控制为 150mm 左右，同时还避免碰撞模板，振捣时振捣棒垂直插入混凝土中，并快插慢拔，上下抽动，致使混凝土均匀振实，以确保上、下层结合成整体，振捣器插入下层混凝土中 70mm，振捣时间控制为 20s 左右。

混凝土浇筑到顶并且一次振捣完毕后，施工人员将混凝土顶面的浮浆刮除，重新浇筑新混凝土，再次振捣完成浇筑。混凝土浇筑完毕后等待 6 小时以后，混凝

土达到初凝后进行二次抹面，抹面时用铁抹反复搓平压实、压光。

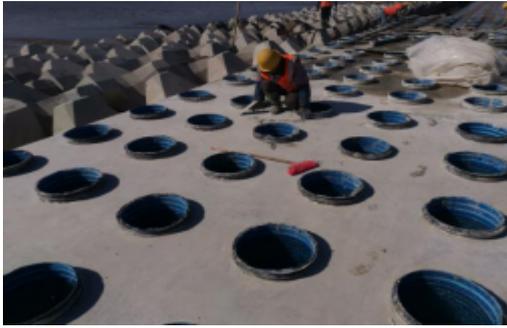


图6 压顶块施工

2.3.4 养护措施

压顶块体浇筑完毕后，大体积混凝土内部会产生大量的水化热，使得混凝土内部温度上升较快，内外温差较大，如不进行混凝土养护或养护不到位容易造成压顶块体出现温度裂缝。为降低水化热，在拆模后的压顶块体泄压孔中注满水，对水化热进行吸收，从而降低压顶块体混凝土凝固时的温度。在压顶块体表层采用湿棉被进行养护，每两小时对表层棉被进行浇水，时刻保持养护棉被的湿润性。采用湿棉被养护七天后，对混凝土表面进行洒水养护。

3 成本及进度管理

本工程防波堤施工过程中主要采取以下措施进行成本、进度管理控制：

(1) 将原有堤顶和堤身 2t 扭王字块破碎的块体，代替设计 300~400kg 块石，现场就地取材，破碎后直接回填整平，极大地节省了施工成本和缩短了工期。

(2) 压顶块体钢筋骨架采用在钢筋加工区标准化加工完成之后，整体吊装入位的方式。钢筋绑扎全部采用限位架工艺，按设计间距制作标准限位架，钢筋半成品、成品标准化生产。极大地保证了钢筋绑扎的质量控制及绑扎效率。

(3) 本工程设计高水位为 3.32m，混凝土压顶的顶标高为 4.0m，底标高为 2.0m。压顶石施工过程受水位影响。施工前提前掌握施工地点潮汐的运动规律，根据高低潮位、涨潮落潮的历时等合理安排施工顺序及时间，选择低潮施工，并保证混凝土供应强度和施工能力，保证混凝土始终在潮水位以上振捣，且底层混凝土在初凝前不被水淹没。最大化地利用可施工时间，从而保证施工进度。



图7 100米试验段



图8 压顶块体

4 结语

在现代工程行业竞争中，越来越多的企业都意识到细节的重要性。特别是港航水工项目，主要特征是管理粗放。为了加强管理工作中的科学性和高效性，必须经常总结归纳施工管理技术要点，采用精细化管理模式，把管理工作做精做细。精细化已成为现代企业竞争中最重要表现形式，精细化管理也成为决定企业未来竞争力的关键。本文以实际工程为基础，对防波堤施工过程中施工管理技术进行分析研究，探讨如何针对各个工序采取精细化管理措施，以期通过施工管理技术的分析总结和精细化管理达到项目成本控制、质量控制、进度控制的目的。

参考文献：

- [1] 刘益明. 码头防波堤工程的施工质量管理 [J]. 中国科技期刊数据库, 2017(8):145.
- [2] 陈建光. 浅谈精细化管理在奥运水工工程项目施工中的应用 [J]. 建筑与工程, 2009(25):687-679.
- [3] 戴鹏, 李鑫. 斜坡式防波堤中抛石施工工艺及质量控制 [J]. 中国水运 (下半月), 2014, 14(07):314-315+318.