

预制板护坡结构工程应用问题分析

陶桂兰 禹化强

(河海大学交通学院、海洋学院,江苏 南京 210098)

摘要 介绍混凝土预制板护坡结构工程在我国不同地域的应用实例,分析总结该类结构应用中存在的问题,对混凝土预制板护坡在我国航道护岸工程应用中出现的滑坡、沉陷、隆起、板间开裂等破坏因素(外力、设计、施工及管理等进行分析,指出通过做好护岸工程规划、设计工作、提高施工质量、加强护坡管理等措施,以提高预制板护坡结构的耐久性。

关键词 混凝土预制板护坡 破坏因素 结构耐久性

中图分类号:U614;TU311.2 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2008)S1-0096-04

航道整治工程中航道护岸是其重要设施之一,航道护岸能减少地面径流以及船行波对岸坡的冲刷,亦可避免船舶停靠时对岸坡的破坏,同时还可以提高航道抗洪能力和减少两岸土地的流失,对保持航道稳定、减少航道淤积、维护航道技术标准起着十分重要的作用^[1]。

混凝土预制板护坡具有造价低廉、施工技术要求低、施工周期短、施工质量易于控制等优点,在护岸工程中被广泛应用。但混凝土预制板护坡工程在投入运行后也出现了诸如滑坡、沉陷、隆起、板间开裂等现象,不但增加了航道维护的资金投入,而且对通航、防洪、取水、城市建设等国民经济各个方面造成不利影响。因此,有必要对预制板护坡结构的破坏原因进行系统分析,进而采取相应措施提高结构的耐久性。

1 预制板护坡结构的应用概况

我国江河航道整治工程中,长江、珠江、淮河、黑龙江四大水系及钱塘江、京杭运河的护岸工程,都在不同航段因地制宜地使用了混凝土预制板护坡结构。尤其是京杭运河江苏段多处使用了混凝土预制板结构,极大地改善了内河通航条件,防止岸坡坍塌、水土流失,提高了运河防洪排涝能力,有力地促进了沿线地区的经济发展。现对预制板护坡结构的应用情况简述如下。

a. 京杭运河江苏段在镇江、无锡、苏州等地区护岸工程中都使用了预制板护坡结构。其中,镇江

段运河共使用混凝土预制板护坡超过 38 km,护坡坡比 1:2.5~1:3。其结构一般为:先在整平好的土坡上铺 4 mm 厚的土工布,然后布置 40 cm×60 cm 和 40 cm×50 cm 的浆砌块石格埂,最后在格埂中铺砌 50 cm×79 cm×9 cm 的 C20 混凝土预制板,如图 1 所示^[2]。

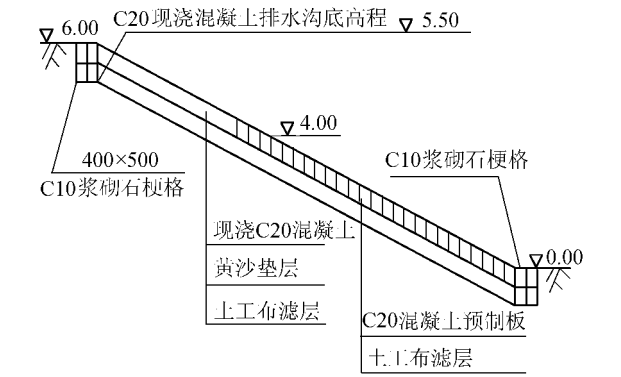


图 1 镇江段混凝土预制板护坡结构示意图

b. 苏南运河九里段位于常州段运河的最上游,航道全长 3.8 km,混凝土预制板护坡两岸累计长度达 6752.6 m,航道边坡采用 1:3,护坡坡体从航道底高程 0.0 m 一直护到高程 6.0 m 处,并在高程为 0.0 m、4.0 m 和 6.0 m 处分别设置 60 cm×40 cm(深×宽)、50 cm×40 cm 和 50 cm×40 cm 的底格埂、中格埂和顶格埂,护坡板体采用 80 cm×50 cm 的 C20 混凝土预制板,中格埂以下混凝土板厚 9 cm,以上板体厚 7 cm^[3]。

c. 钱塘江河口段大量新、老海塘的基础不能满足要求,堤塘的标准较低,在涌潮急流的冲刷下,基础常被淘刷,进而威胁到海塘的安全。因此,研究合理、经济、可行的水下防护措施对确保海塘的安全至关重要。

要。在低水位以上一定高度范围,海堤外坡一般采用干砌块石、浆砌块石和混凝土等整体护面结构;在低水位以下一定深度范围的护脚部位,由于需在水下施工,一般采用预制混凝土面板外加抛石防护水下堤脚,不仅施工进度较快,而且造价较为经济。海塘典型断面如图2所示。浆砌块石护面的复式斜坡海堤边坡为1:2.0,平均高潮位以上1m左右为一平台,大方脚顶面的高程一般在平均低潮位以上1m左右,大方脚底面以下为混凝土预制板护脚,坡度为1:1.5。预制板长度为10m,厚度为0.4m左右,宽度(系指面板顶、底的高程之间尺寸)为5m左右^[4]。

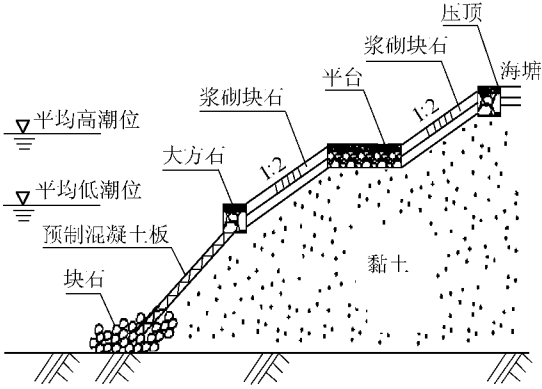


图2 海塘典型断面示意图

d. 黑龙江堤岸受风浪和水流的冲刷,水土流失严重,为有效保护堤岸,经多方案比较护岸结构选用混凝土预制板护坡和干砌石护脚。

由于黑龙江水流急、流量大、涨幅大,而且结冰期较长,凌汛期冰块撞击等方面因素,预制板护坡结构在凌汛期水位以上选用15cm厚的混凝土预制板、无纺布和10cm粗砂;凌汛期水位以下采用20cm厚混凝土预制板、无纺布和10cm粗砂。预制板铺设至多年最低枯水位处,下接干砌石固脚,并用抛石护底。其断面如图3所示^[5]。

2 预制板护坡结构应用中存在的问题

混凝土预制板护坡结构虽然在我国内河航道护坡中得到了广泛应用,但由于坡面预制板抗撞击能

力较低、对土质性能比较敏感等缺点,使用中也有不少河段出现混凝土板的破坏现象,如坍塌、滑移等,局部破损较严重,影响了该结构的使用。有必要对混凝土预制板结构应用中存在的问题及破坏因素进行系统分析,以便找出合理措施预防或减少航道护坡的破坏。

2.1 主要问题

江河护坡常受到风浪和船行波的袭击、水位涨落和水流冲刷、坐湾迎流、主流迫岸)以及坡内水位上升引起的渗透压力等因素的影响,在寒冷地区护坡工程还会受到冰冻冰排推压、冻胀作用以及流冰撞击等,这些因素使混凝土预制板护坡在应用中存在较多问题^[6-7],主要有:①混凝土预制板护坡多由预制板拼装而成,预制板工作相对独立,使预制板护坡结构的整体性较差。②在连续航道坡面上使用预制板护坡结构,土质差异性大,而且垫层密实度很难达到一致,经外力作用容易发生不均匀沉降,使护坡结构发生破坏。尤其在寒冷地区,由于预制板本身抗冻害能力差,护面在不均匀冻胀下更容易发生破坏。③护脚工程质量难以保证,在水流、波浪及渗流作用下,护脚基础容易被淘空,使预制板失去支撑而发生整体破坏。④混凝土预制板现场就近浇筑,质量难以保证,在船舶、流冰撞击下容易破坏,在复杂外力作用下护坡垫层及坡土更易被冲刷,从而进一步加剧护坡结构破坏。⑤预制板护坡结构在航道疏浚、护坡维护及船舶航行、停靠等方面也有其自身不足之处。

2.2 主要破坏因素分析

混凝土预制板护坡遭受破坏的原因除外力作用外,还有设计不合理、施工质量差及管理不善等诸多因素。破坏一般由局部的混凝土板脱落、塌陷、断裂或“鼓胀”逐渐加剧导致整体坍塌和滑移。现对其破坏因素综述如下。

2.2.1 外力作用因素

护坡所受外力是使混凝土预制板护坡发生破坏的最主要因素^[2-4,6-7,9],外力包括船行波作用力、渗透压力及船舶、流冰撞击力等。外力引起的破坏可

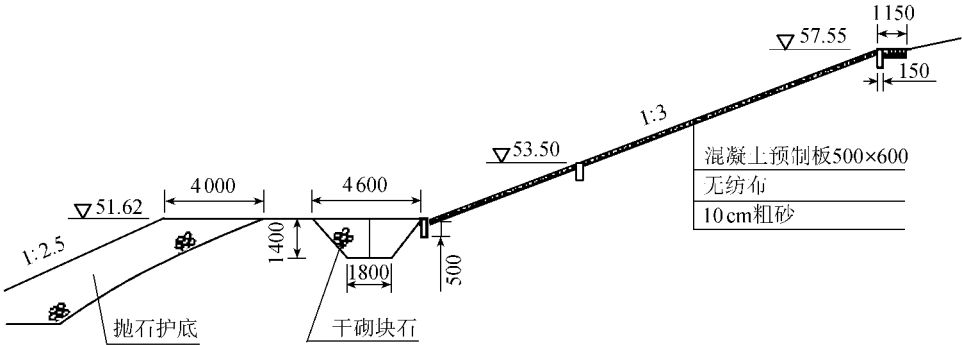


图3 黑龙江流域混凝土预制板护坡典型断面示意图(单位:mm)

归纳为:外力直接作用在预制板上使板体破坏,如预制板“鼓胀”、凹陷、断裂等;外力作用下引起的预制板护坡结构间接破坏,主要指因护脚破坏而导致的预制板护坡结构破坏。

a. 船行波影响。对于内河航道护岸,船行波作用引起的破坏最为普遍,由于航道断面尺寸较小,而随着我国水运事业的不断发展,运河中航行的单个船舶或船队的航速不断提高、船型或船队的规模变大及载重吨位不断增大,使船行波作用明显加强。苏南运河九里段护坡结构受损部位高程通常在3.5~2.2 m之间(即水位频繁变化区),破坏形式以坡面凹陷、鼓起及整体塌陷为主,究其原因主要是:船行波频繁作用区由于水位剧变,致使上部坡面土体颗粒随自由水的流动而扰动向下位移,形成凹陷,而在下部坡面形成鼓起的现象发生,再在潮汐、地下水及船行波共同作用下,坡面下土颗粒不断流失,使坡面预制板间勾缝脱落,板下土体冲刷成坑体,最终导致护面块体整体塌陷^[3]。

b. 渗透影响。由于河岸地势较高,在连绵阴雨天气的情况下地下水位陡然抬高,而预制板下的坡面实际上是一种自由面,在坡后地下高水头的作用下,产生地下水的逸出及较高的板底渗透压力,造成大量土颗粒流失(形成湿陷)的同时,再在船行波压力、板体自重、水流力、流冰(寒冷地区)等外力作用下有可能导致预制板的整体塌陷。

c. 船舶、流冰直接撞击引起板体破坏。对于通航河流,随着航道等级的不断提高,船舶吨位的增加也使船舶撞击力明显加大,船舶数量大幅度上升使航道管理难度加大,船舶乱停乱靠使预制板被船舶撞击引起破坏的事故不断发生。如苏南运河镇江运河越河段,由于其与谏壁船闸上游引航道紧连,过闸船舶在此停靠登记,正常情况下2 km范围内有3~4艘泊船,船舶碰撞导致的护坡破坏情况十分严重^[9],在寒冷地区河流预制板护坡工程中,高速水流冲刷、冰冻冰排推压、冻胀作用相互影响,再加上高流速、大体积流冰的撞击作用,是预制板护坡结构破坏的主要因素。

d. 外力作用下引起的预制板护坡结构间接破坏。枯水季节河流水位较低,接近护坡坡脚位置,受船行波频繁作用及河道水流冲刷,护坡坡脚附近以下覆盖层被逐渐淘刷,导致坡脚下产生空洞,引起坡脚混凝土板的断裂变形,而坡脚的土壤被淘空后又引起坡面土壤流失和淘空,同时上部预制板失去支撑,从而导致预制板护坡结构破坏。黑龙江绥滨县中兴镇护坡工程就是由于固脚沉排被1984年洪水冲毁,造成护坡工程整体下滑破坏^[6]。

e. 其他因素影响。船舶乱停乱靠,船主抛锚在顶格梗处,留下洞穴,特别是砂土地段雨水汇集灌入洞穴,淘空护坡底的土坡导致预制板护坡结构破坏。苏南运河镇江越河段9 cm厚的预制板经常发生断裂、移动和脱落等现象,其中相当部分是由于船舶经常下倒锚所引起^[9];另外,混凝土预制板结构变形引起勾缝剥落,而船民或管理人员由于工作需要,有时行走在坡面上,这些外力的作用,使勾缝逐渐松脆,而混凝土板面由于与土体面有一定空隙,受外力后易于断裂,致使水体更易于直接浸入地面下的土体,使土体受波浪力的冲刷影响更趋敏感,从而进一步加大了上述几种破坏的程度。

2.2.2 设计及施工、管理等因素的影响^[6,8,10]

合理的设计、高质量的施工是预制板护坡结构安全的前提,护坡结构建成后的严格管理是其长久耐用的保障,这些方面存在问题也是引起预制板护坡结构破坏的重要因素。

a. 预制板护坡结构设计不尽合理。主要体现在3个方面:①设计中对水流、船行波压力、流冰撞击及渗透力等外力因素考虑不足,设计混凝土预制板质量太小、坡比不合理,使护坡结构不足以满足外力作用下本身抗滑、抗倾稳定性及强度要求而发生破坏。如昌江渠化工程凰岗枢纽下游右岸乡政府段护坡,坡比大多陡于规范允许值(1:1.5),而预制板尺寸也相对较小,为40 cm×40 cm×10 cm(长×宽×厚),在泄水闸和滚水坝泄流以及枢纽泄洪时,水流直接压迫本段,致使护坡严重破坏^[8]。②工程实践已证明,单独坡面破坏主要是因反滤层设计不合理引起的,主要体现在反滤层厚度不够、级配不合理及用土工织物作反滤层时土工织物孔径和强度选择不合理,反滤层未起到应有的反滤作用,使坡面下产生过大渗透压力或使坡面下土体流失,从而引起护坡结构破坏。③护脚长度不够、护脚类型不合理、结构强度不满足要求,这些设计中的不合理因素使护坡基础更容易被淘空或护脚在外力作用下本身发生破坏,引起混凝土板失去支撑而脱落移动破坏。黑龙江省有多处护岸因护脚问题而使护岸结构发生破坏^[6]。

b. 预制板质量及施工质量存在问题。混凝土预制板在制造过程中水泥、骨料、掺合剂等原材料质量存在问题,在寒冷地区对混凝土抗冻破坏考虑不足,预制板模具不够标准及后期保养不合理等因素,使预制板本身质量存在问题;护坡施工过程中存在较多问题,包括岸坡削坡及平整度不够、预制板铺设质量不高、反滤层未按设计选料及格梗砌筑质量不高等多方面的问题。

c. 护坡工程建成后管理不够严格。护坡工程

建成后的管理工作不到位,人畜活动、人为搬运、船舶乱停乱靠以及野生植物在护坡勾缝生长等原因,使村镇附近的护坡工程破坏较多。

3 提高混凝土预制板结构耐久性的措施

混凝土预制板护坡目前是我国广泛采用的护坡结构形式,其破坏是外力作用、设计、施工及管理等多方面相互影响、相互作用的结果,护岸结构的破坏将导致岸线冲刷甚至崩塌,使河床发生横向变形,造成水流和河势的不稳定,航道条件恶化,对航运事业十分不利,同时还会给堤防安全带来威胁,影响沿河农田、城镇、取水、环境,严重者可能危及周边居民的生命财产安全。因此,必须针对护岸破坏的特点及原因,采取相应措施以提高护岸结构的耐久性^[6-8,10-11]。

a. 护岸工程是在较长距离河岸范围内进行保护,必须首先做好护岸工程规划工作,确定好工程的治导线,设计前应对沿河的水流、泥沙、河岸和河床组成、河床形态和上下游河势进行仔细的勘察,使护岸工程布局因势利导、符合水流演变规律,兼顾上下游、左右岸的利益。具体设计中对于船行波压力、水流、流冰撞击、渗透压力等外力要选用合理的计算公式和计算方法,在外力计算合理的基础上设计预制板尺寸、护脚类型、尺寸以及排水系统。排水系统设计主要包括垫层、倒滤层及排水管设计,若采用土工织物滤层,应注意土工织物的选择,保证透水性、保砂性及强度要求。同时,应特别注意护坡坡度、护脚及护坡顶高程的确定,既保证能够使岸坡得到全面保护,护脚不易被冲刷,又能够使预制板护坡结构满足抗倾、抗滑稳定性要求。尤其是护脚作为整个护坡工程的唯一支撑,它在护岸工程中对下是防止河床下切冲刷,对上支撑护坡稳定的主要结构,其防护长度、类型选用要根据所在部位的河道水流特点、演变趋势、主流线、顶冲点、深槽水深及岸坡土质稳定性等多方面因素确定。

b. 施工质量控制是保证预制板结构长久耐用的关键环节。首先,要保证土坡修整质量,严格按照施工图进行开挖削坡,测量放样要准确无误。第二,混凝土预制板制造过程中,要保证水泥及骨料质量过关、配合比符合规范,为提高冬季施工中混凝土预制板的抗冻性,应使用必要的化学添加剂,同时模具尺寸要达到设计预制板尺寸要求,做好成品的养护工作。第三,在护坡工程建造过程中,控制好垫层几何尺寸,石料大小应合理搭配,若采用土工布铺设,要有足够的搭接宽度,铺设长度也要有一定富裕,最后要做好土工布锚固工作。第四,在预制板砌筑及

护脚施工过程中,严格按设计图纸的要求施工。预制板铺设要做好两线一面,两线是河口线和底线,一面是预制板铺砌面,要使两线顺畅以保证护面的平整,同时,护脚是护坡工程的最关键部位,施工必须严格按照设计进行,做好反滤层铺设,由于护坡工程还是一动态工程,为防止护脚淘刷,护脚前还应设置防冲石,在坡脚产生冲刷后可有块石及时补充,从而使护脚结构稳定以保证整个结构的安全。最后,为保证整个护坡工程的施工质量,必须选择施工力量强、技术水平高和社会信誉好的施工队伍,在施工过程中要健全监理体制,强化工程的监督管理。

c. 加强护坡管理是保证预制板结构长久耐用的必要措施。一方面,要对航道内的过往船舶加强管理,防止船舶乱停、乱靠破坏护坡结构;另一方面,要加强护坡的日常养护,清除坡面杂草以防止勾缝破坏,禁止人为破坏护坡。同时还应合理地规划护坡两侧的工程建筑,防止护坡附近突然加载引起护坡滑坡等整体破坏。

参考文献:

- [1] JTJ 300—2000,港口及航道护岸工程设计与施工规范[S].
- [2] 周克群.对镇江段运河护岸结构形式的剖析[C]//江苏省交通厅.苏南运河整治工程论文集.北京:人民交通出版社,1998:193-196.
- [3] 张力平,王永铭.苏南运河九里段护坡损坏修复方案的探讨[J].江苏交通工程,2002(5):26-29.
- [4] 杨火其,杨永楚,庄娟芳.钱塘江河口斜坡式土堤水下防护面板稳定性试验[J].水利水运工程学报,2001(3):65-68.
- [5] 曹金龙,刘艳涛,张丽容.堤岸防护的类型及其应用[J].黑龙江水利科技,2006,34(3):216-217.
- [6] 卜汉臣.黑龙江干流界河段已建防护工程存在问题分析[J].水利科技与经济,2006,12(9):616-617.
- [7] 王悟深.无锡护岸结构形式[C]//江苏省交通厅.苏南运河整治工程论文集.北京:人民交通出版社,1998:197-200.
- [8] 洪建中,熊武勇.江西航道护坡的破坏与对策研究[J].江西水利科技,2003,29(1):8-10.
- [9] 朱年龙.苏南运河镇江越河段护坡状况及其对策[J].江苏交通,2002(5):33-34.
- [10] 邹玉光.镇江段运河混凝土预制块护坡的质量控制[C]//江苏省交通厅.苏南运河整治工程论文集.北京:人民交通出版社,1998:271-275.
- [11] 盛昌玛,王辉.苏南运河的护岸工程[C]//江苏省交通厅.苏南运河整治工程论文集[M].北京:人民交通出版社,1998:27-33.

(收稿日期:2007-07-06 编辑:高建群)