

文章编号: 1672-3031 (2003) 01-0023-07

崩岸整治新技术试验工程的设计与施工

黄永健¹, 高季章², 贾金生², 留谦¹, 孙玉生³

(1. 中国水利水电科学研究院 防洪减灾研究所, 北京 100038; 2. 中国水利水电科学研究院 北京 100044;

3. 中国水利水电科学研究院 工程设计研究中心 北京 100044)

摘要: 崩岸险情严重危害堤防工程, 因此研究其治理方法有着重要的现实意义。本文概述了崩岸的成因及一般的整治方法, 阐述了长江中下游3个崩岸治理试验工程采用的新措施、新材料及施工新工艺。试验工程设计与施工的实践说明, 将带锚桩的钢筋混凝土框架梁等水上护坡结构与水下模袋排体通过锚定沟连接成一个抗滑的整体是新型护岸工程设计的关键, 护岸工程的排渗与稳定计算是试验工程的设计要点; 采取垫土工布抛石在长江上是可行的, 其经济技术指标明显好于我国以往的抛石护岸方法; 岸坡上充灌再向水下拖拉铺排的施工方法解决了新技术的水下施工问题。试验工程所取得的成果与经验在崩岸治理中有推广与应用价值。

关键词: 崩岸整治; 土工布; 抛石; 框架梁

中图分类号: TV641

文献标识码: A

1 研究崩岸整治问题的意义

长江中下游两岸的滩地多属淤沙的分层结构, 不耐冲刷, 随着人类活动和上游来水来沙的变化, 在一些水流顶冲、深泓逼岸的河段, 崩岸险情常有发生, 给江岸堤防工程、两岸工农业及人民生命财产带来严重的威胁。近几年大规模的长江干流加固整治工程, 使长江堤防的防洪能力得到了大幅度的提高, 取得了举世瞩目的成绩, 但稳定河势、治理崩岸仍是一项长期任务。大型工程的建设可能改变下游河道的水流、泥沙条件, 从而引起下游河床的冲淤变化, 诱发新的崩岸。因此, 开展对河道崩岸问题的研究, 具有重要的现实意义。考虑到传统护岸技术的不足和发生崩岸的特点, 开展新型护岸技术的试验研究, 不仅在水利工程, 在航运、国土保护等领域也都有广泛的应用价值。

2 崩岸成因与整治措施

产生崩岸的原因是复杂的, 有时是多种因素造成的后果。地质条件差、土质疏松是崩岸的内因, 而水流条件(主流顶冲、弯道环流、高水位骤降等)则是造成崩岸的外因。另外, 土壤中孔隙水压力增大, 会使土壤抗剪强度降低甚至丧失, 当承受瞬时冲击荷载时, 土壤即发生液化, 这是土力学因素; 还有人为因素(河道非法采沙、堤边取土成塘、船行波浪等)加剧了崩岸的强度和频率, 而近岸过度采沙则是导致崩岸的重要原因之一。

护岸工程包括水上护坡和水上护脚两部分。护脚工程的结构形式应具有柔性, 以适应河床的变形, 常采用的有抛石护脚、石笼护脚、沉枕护脚、铰链混凝土排、各种土工织物软体沉排等。护坡工程主要有块石护坡、混凝土护坡、模袋混凝土护坡、水泥土护坡、天然植被护坡等几类。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。

收稿日期: 2001-04-11

作者简介: 黄永健(1940-), 男, 江苏盱眙人, 教授级高级工程师, 从事水力学及河流海岸动力学方面研究。

3 崩岸整治试验工程简介

3.1 九江江新洲试验工程 试验工程长 1000m, 位于九江江新洲洲头北侧崩岸频发段(图 1), 工程于 1999 年 12 月底开工, 2000 年 5 月底竣工。经过 3 年来汛期和枯水期的考验, 试验段崩岸治理已取得显著成效(图 2)。在试验工程中采用了一些新的护岸工程措施和施工方法。

江新洲试验工程的水上护坡为带有锚桩的钢筋混凝土框架梁, 内铺混凝土预制块(含部分现浇混凝土面板)或模袋混凝土护坡措施。水下护脚分两部分: 水位变动区用模袋混凝土护岸; 永久水下为框格型充沙模袋软体排护脚(图 3、图 4)。试验河岸上游有 130m 的水下边坡略陡于 1:2; 另外下游端 20m 为防止冲刷, 都采用了垫复合土工布抛石的措施。试验工程中还使用长充沙管袋垫坡、压脚、防冲、防风浪淘刷和治理窝崩等。



图 1 江新洲试验工程施工前崩岸现场原貌



图 2 江新洲试验工程治理后近岸水流平稳

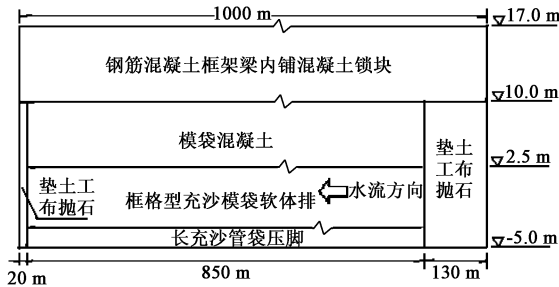


图 3 江新洲试验工程立面布置示意

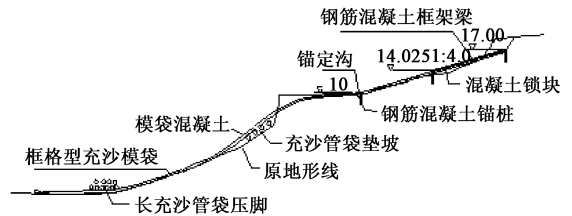


图 4 江新洲试验工程设计横断面示意

3.2 芜湖东梁山试验工程 该工程位于芜湖市长江干流南岸, 东梁山下游芜当江堤崩岸严重的河岸(图 5), 试验段全长 850m。2002 年 3 月开工, 2003 年 1 月完工(图 6)。护岸工程亦采取平顺护岸形式, 设计枯水位以下全为复合土工布软体排抛石压重护脚, 水上采用钢筋混凝土框架梁内铺混凝土预制锁块护坡(图 7)。

3.3 彭泽棉船洲试验工程 棉船洲铁塔段崩岸整治试验工程于 2002 年 3 月开工, 6 月中旬完工, 试验段全长约 600m, 位于棉船洲临江高压线铁塔附近的江岸上。受对岸马 矶挑流的影响, 铁塔段岸前水流异常紊乱, 漩涡连串, 岸滩崩塌严重, 形成上、中、下游 3 个相连的大窝。对此段崩岸险情, 曾先后采用抛石、充沙管袋等防护措施进行治理, 但无法阻止岸线的逐年崩退, 高压线铁塔的安全已受到威胁。

棉船洲试验工程的水上护坡部分在中、下游窝高程 11.5m (文中高程均系黄海高程) 以下采用带锚桩的钢筋混凝土框架梁, 框架梁内布置排水盲沟, 铺土工布压混凝土锁块等措施; 高程 11.5m 以上

及上游窝采用干砌块石护坡。水下护脚部分在中、下游窝的浅水区采用分块模袋固化砂浆排（长20m），长年水下部分采用管袋固化砂浆软体排（长50~75m）抛石压重；上游窝因原先在岸坡上已有四面六边透水框架（图8），难以铺排，故采用抛石加固及在坡脚抛四面六边透水框架防冲。也可在实际工程运行中比较单一抛石与排体护岸的效果差异。



图5 东梁山试验工程施工前崩岸现场原貌



图6 东梁山试验工程治理后现状

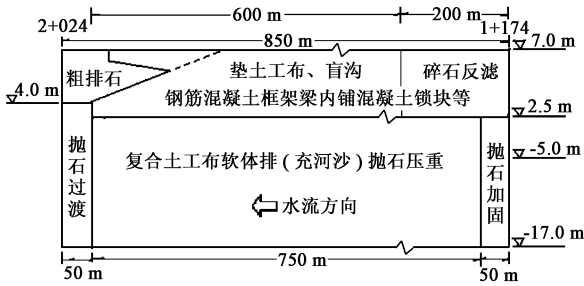


图7 东梁山试验工程立面布置示意

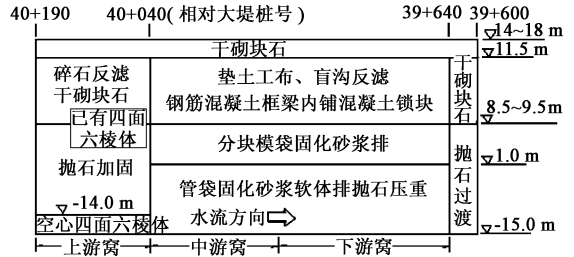


图8 棉船洲试验工程立面布置示意

4 崩岸整治新技术的设计要点

上述3个试验工程中虽各有特点，但总的设计思路是相同的，即根据岸坡不同区域，不同的水流、土质条件，采用不同的护岸工程措施，组成一个既稳定牢靠又经济合理的护岸工程体系。下面就其整治方案中采用的各种新措施、新材料及设计要点概述如下。

4.1 水上护坡工程的锚固系统 崩岸严重的河岸多为沙性土，经过挖方或填方整出的岸坡，因泥土含水量大无法夯实，其力学性能很差。如何能使这种岸坡承受整个护岸工程的下滑力，是护岸工程能否稳定的技术关键。为此，试验工程在岸坡上设计了一套带有锚桩（截面：20cm×20cm，长：2~3m）的钢筋混凝土框架梁（截面：20cm×40cm）。底梁与锚定沟浇筑在一起并拴挂水下排体，可使水下护脚工程的下滑力通过锚定沟及钢筋混凝土框架梁分散到岸坡各个锚桩上。在框架梁中铺护坡材料，框架梁还可通过锚桩阻止这些水上护坡材料下滑，使水上护坡与水下护脚工程连成一个整体。护脚排体的长度要满足最大冲深条件下排体稳定的要求，而整个护岸工程的结构型式、尺寸还必须满足局部及整体岸坡土体稳定的要求。崩岸实质是岸坡失稳，因此护岸工程是否稳定，是设计的重要标准。

4.2 锚定沟高程的设计 锚定沟的高程必须考虑施工进度及当地水位变化规律来确定，当完成整坡后，开挖锚定沟、浇筑底梁、拴挂排体及浇筑枯水平台时需要在水上施工。但锚定沟的位置又不能设计得过高，这将增加水下护脚排体的长度，增大工程造价。因在深泓逼近的岸段，排体常需越过

深泓。

4.3 防冲、反滤的护坡措施 汛期水位上升,水上护坡工程将经受风浪与暴雨的冲刷,除布置必要的明沟排水外,坡面防护材料应具有抗冲能力。在试验工程的框架梁中铺入的护面材料可为预制混凝土锁块(50cm×50cm×12cm)(图6)、现浇混凝土面板或模袋混凝土护坡(厚12cm,标号C20)。

当水位骤降时,岸坡内的水份需要较快地排出来,否则对护岸工程的稳定不利,故排渗问题需认真考虑。水上护坡工程在混凝土锁块下垫有土工布及填满碎石的排水盲沟反滤,排水盲沟底端接有直径为5cm的排水管穿过锚定沟通到外面,确保水上护坡工程的排渗需要。水下充沙模袋排渗没问题,而模袋混凝土或模袋固化砂浆排,垂直水流方向,每隔2m左右就有一条双层加筋带(宽8cm)系排,加筋带处也可以排渗。

4.4 长年水下的框格型充沙模袋 水下护脚工程是整个护岸工程的重点,江新洲试验工程在长年水下采用框格型充沙模袋护脚。排体上部20m为充混凝土的模袋,厚20cm,标号C20。下部36m为框格型充沙模袋软体排,铺至近岸深槽。框格型模袋排布采用 $410g/m^2$ 的高强机织丙纶长丝土工布制成,有效孔径由充灌泥沙的粒径确定。框格型模袋尺寸的设计需考虑抗漂浮能力等,试验工程在模袋铺完后,还在坡脚处抛长沙袋压脚,既抗滑又抗漂。框格型充沙模袋在垂直水流方向每隔25cm有一主管袋,顺水流方向每隔64cm有一肋袋。这种充沙模袋可均匀加糙,减缓水流对坡面的冲刷。为了不致某处破损后袋内泥沙都漏出,在横向每6.0m,纵向每1.0m左右缝有加筋带,使其互相隔开。加筋带除隔仓外,主要功能是传递拉力。这种软体排适用于无船只抛锚的水下护脚,最大优点是材料费比较低并具有柔性特点,在护脚时能较好地适应河床及坡面变形。

4.5 分块模袋固化砂浆排的应用 试验中采用的模袋固化砂浆为水泥基的复合材料。优点是成本低,虽然采用了品质较差的三级粉煤灰,但固化砂浆的强度仍然能够达到设计要求,即28d龄期的抗压强度不低于5MPa。分块模袋排由纵、横加筋带分成若干小块,来适应岸坡地形变化。模袋排布采用420g长丝机织土工布,充灌固化砂浆后为20cm厚,适应的坡度范围为1:2.5~1:3.0。在软基上铺长度较大的模袋混凝土有可能产生断裂,而分块模袋排即可避免这个缺陷,棉船洲试验工程中采用的分块模袋固化砂浆排的尺寸平均为3.0m×1.7m(图9)。



图9 分块模袋固化砂浆排等护岸施工现场



图10 管袋固化砂浆软体排的拖拉铺排施工

4.6 长充沙管袋的应用 长充沙管袋在崩岸治理中有多种用途,如垫坡、压脚防冲、防风浪淘刷和治理窝崩等。窝崩频发河岸一般坡度都较陡,水下削坡很困难,可用长充沙管袋垫坡;水上整坡施工时,如遇大风浪天可用长充沙管袋压脚防冲;当排体铺完后,需要在坡脚增加压重时,可在坡脚抛投这种充沙管袋。每个充沙管袋长度为10m,直径为0.65m。用 $230g/m^2$ 机织丙纶长丝土工布缝制,两端分别留有灌沙或溢水袖口。

4.7 充沙管袋复合土工布软体排抛石压重护脚 抛石护脚是护岸工程中最普遍且有效的方法,但在土质松软的崩岸严重河段,由于抛石不设反滤垫层,经过一段时间水流的淘刷,抛石将逐渐下沉流失,护岸工程的稳定性较差。我院泥沙所通过实体模型的对比试验,已知软体排抛石压重比一般抛石

护岸的适应能力强, 效果好。

具有反滤与强度双重要求的复合土工布软体排是一种在周边与中间缝有充沙或充砂浆管袋的双层排布, 管袋直径 32~36cm, 平行间距为 5~6m。因为有充沙管袋压在软体排上, 当排体在岸上灌满沙贴岸拉入水下(图 10) 铺放到位后, 在等待抛石前就不会被水流立即冲走, 何况许多排体相互扣压成片。抛石需定位、定量, 抛石量约为单一抛石护岸的 60%~70%。这种护岸措施的优点是能适应岸坡的变形、造价低、便于施工、不怕船只碰撞。软体排结构示意见图 11。

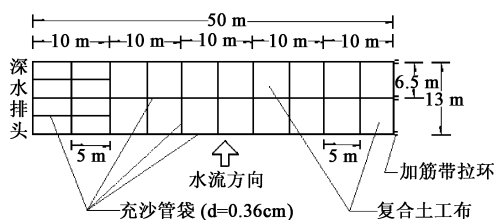


图 11 复合土工布软体排 (50m x 13m) 结构示意图

4.8 护岸工程的监测 试验工程完工后, 水上护坡及水下护脚工程将经受近岸水流的冲刷考验, 工程是否稳定, 排渗效果如何, 如果有较大的移动情况出现, 需尽早发现, 分析原因, 找出处理措施。因此, 跟踪观测非常重要。这些试验工程均安排了 5 年的观测任务, 其观测资料不仅是分析试验工程稳定性的依据, 而且对护岸工程的稳定问题研究有着重要参考价值。

跟踪观测的内容包括测点的水平与垂直(沉降)位移、岸滩地下水位及近岸水下地形断面测量。测点位移采用水准仪及经纬仪进行观测, 地下水位用敞开放式测压管进行观测, 每半个月测一次。水下地形可用超声测深仪汛前汛后各测一次。

5 崩岸整治新技术的施工经验

5.1 水下拖拉铺排 崩岸整治工程中, 采用排体护脚是一种新的护岸技术。这些排体在静水及浅水中施工比较容易, 有沉排及水下充灌模袋等。但在长江这样水深、流急的大河中进行铺排, 即使用大型铺排船其难度也相当大。作者在试验工程中创造了一套水下拖拉铺排的施工新方法, 无须大型铺排船, 只用了一条 400t 的工程驳船、6 台卷扬机来拖排, 施工成本比用大型铺排船要低。水下拖拉铺排除了拖排设备外, 排布上应缝有能承受拖排拉力的加筋带是技术关键。应根据受力情况进行计算, 确保在拖拉铺排过程中排体不被拉坏(图 10)。

如何在已抛石块的床面上拖拉铺排是铺排施工的难题。棉船洲试验工程就遇到此问题。经过反复研究, 将拖排钢架底部焊接加长钢板, 使水下拖拉铺排方法, 在已抛过石的床面上拖排获得成功。当岸坡上无施工场地或水下已有抛石的情况时, 最好采用两船夹一块滑板的退放铺排法, 排体在滑板上充灌, 操纵船只离岸后退, 将排体铺放在河床上。最近广东省北江某护岸工程中采用了这一建议, 使在抛石基础上铺模袋混凝土排取得成功。拖拉或退放铺排的共同特点是在水上充灌向水下铺放, 便于对充灌质量进行监测。

5.2 水下整坡与排体搭接 水下拖拉铺排的施工质量, 与多种因素有关。如船舶的拖拉能力、机械设备、排体本身的抗拉性能等, 但排体被拖入水下, 并不等于就能铺好。如果水下整坡任务没有完成好, 排体在动水中就很难铺平。水下拖拉铺排每块排体有 13~15m 宽, 上游排搭在下游排上, 搭接量为 1~2m, 铺排时拖排船应在岸上定位的经纬仪严格控制下运行, 确保排体的搭接满足设计要求, 这也是水下铺排的技术要点。用滑板退放铺排时, 潜水员可在水下滑板头旁引导船只移动, 进行排体搭接。

5.3 窝崩抢险 由于江新洲试验工程处在崩岸严重地段, 施工中岸坡整好不久, 在桩号 16+420 处不到半天就崩出一个半圆形的大窝, 窝口长 50m, 最大水深 5m(图 12)。

对这种在已整好的坡上出现突发性窝崩, 必须填平补齐, 否则护坡工程在此处将出现一个大缺口。为此设计了一套抢救窝崩的技术。即先在窝口向水中抛投 10m 长的大沙袋, 形成一个大沙袋坝, 直到沙袋露出水面, 要求沙袋坝本身是稳定的, 外边坡至少达到 1:2.5。然后向窝内吹填泥沙至淤满, 再在沙坝顶部叠放长沙袋, 窝内继续吹填泥沙。沙坝一步步顺坡面向上升, 直到把窝崩全部填满

(图 13)。做上护坡工程后, 已看不出此处曾发生过 3000m^3 多的大窝崩。



图 12 试验工程整坡施工后出现的巨大窝崩



图 13 江新洲试验工程窝崩抢险施工现场

5.4 排体分为两段铺设 东梁山与棉船洲试验工程开工都较晚, 如果按整块大排一次铺放则施工时间较长, 不等铺完, 水位就会上升超过枯水平台, 而无法进行排体锚定及枯水平台浇筑, 必须加快铺排速度。为此, 将整块长排分成两段, 先将上段分块模袋固化砂浆排 (长 20m) 在水位上升到枯水平台之前铺完, 将排尾拉环拴在底梁预留的钢筋钩上, 用混凝土浇筑在锚定沟及枯水平台内, 防止排体下滑。再进行下段管袋固化砂浆软体排 (长 50~75m) 的铺设, 此时即使水位淹没枯水平台, 水下铺排施工可照常进行, 只是软体排尾的拉环需要有潜水员拴在模袋固化砂浆排的排头拉环上, 下滑力由加筋带传至锚定沟, 防止排体下滑, 等待抛石压载。

5.5 用土工布压盖坡脚防止施工期风浪冲刷 崩岸严重的岸坡土质疏松, 极易被风浪淘刷冲塌, 棉船洲工程施工过程中曾因受大风浪袭击, 使坡脚崩塌, 只得后退 3m 重新开挖锚定沟。为了保护已整好坡的岸脚, 锚定沟以下全线铺盖 13m 宽的软体排, 后经受了多次大风浪考验, 证明这是一种很有效的临时防浪冲刷的护脚措施。可以预见, 特制的便于快速抢险施工的土工布软体排, 作为一种防汛器材, 在堤防护岸的防洪抢险中发挥作用是很有可能。

6 结语

定位定量抛块石是目前治理崩岸普遍采用的施工方法和建筑材料, 但抛石下面没有反滤层, 块石下面的沙土颗粒易被水流淘刷或发生渗透破坏, 引起抛石下沉坍塌, 影响防护效果, 经常需要补抛。通过动床模型的对比试验及 3 个崩岸整治试验工程的运行, 证明了复合土工布软体排抛石压重的护岸新技术比传统的单一抛石护岸不仅可减少抛石量, 经济指标较为合理, 而且效果好。

江新洲崩岸整治试验工程完工至今已运行了 3 年, 试验段前沿水流平缓, 护脚河床平均淤高 8m, 深槽远, 护岸工程稳定, 排渗通畅, 治理效果显著。

东梁山崩岸整治试验工程由于去年水位提前猛涨, 汛前只完成了水下护脚的软体排铺设及大部分抛石任务, 水上护坡除完成锚桩框架梁及少量混凝土锁块护坡外, 大部分护坡只有一层土工布度汛。同期施工的附近不少抛石护岸工程, 汛后发现岸坡有塌滑, 使工程造成经济损失, 而试验工程却安然无恙, 近岸河床还产生了淤积。

棉船洲崩岸整治试验工程完成后, 也经过了汛期和汛后水流的考验, 岸坡稳定, 在岸坡及排体护脚段均产生了明显的淤积。

针对长江岸坡典型的崩岸险情, 通过上述崩岸整治试验工程, 在科研、设计、施工和观测等多方面开展了综合性研究工作, 开发出一套新的护岸技术和施工工艺, 为今后这些新技术的推广应用和完善发展, 奠定了基础。

参 考 文 献:

- [1] 黄永健, 孙玉生, 高季章, 贾金生. 江新洲崩岸整治试验工程的设计与施工 [R]. 长江护岸工程 (第六届) 及堤防防渗工程技术经验交流会, 2001, 11.
- [2] Huang Yongjian, Zhao Jinyong, Ding Liuqian. New technology and its application for riverbank collapse treatment, Proceedings of the Second International Symposium on Flood Defence [R]. Beijing, Science Press, New York Ltd. 2002, 11.
- [3] 黄永健, 赵进勇, 丁留谦, 等. 棉船洲护岸试验工程 [J]. 水利发展研究, 2002, (12).

Design and construction of pilot projects for levee bank collapse treatment

HUANG Yong-jian¹, GAO Ji-zhang², JIA Jin-sheng², DING Liu-qian¹, SUN Yu-sheng³

(1. Dept. of Water Hazard Research, China Institute of Water Resources & Hydropower Research, Beijing 100038, China;

2. China Institute of Water Resources & Hydropower Research, Beijing 100044, China;

3. Beijing IWHR Engineering Corp., China Institute of Water Resources & Hydropower Research, Beijing 100044, China)

Abstract: Bank collapse would cause serious damage to levee structures, so it is very important to carry out research on levee bank collapse treatment. In this paper, the sources of bank collapse and the general measures for its treatment were reviewed. Some new engineering measures, new materials and new construction methods were introduced. All these had been firstly adopted at the three pilot projects in the middle and lower reaches of the Yangtze River. In the practice of design and implementation of the three projects, it was proved that the key point for the new treatment was to connect the framed beams anchoring piles above the water level with the cellular fabric forms filled with sand below the water level by means of an anchoring ditch. The critical point was the design of blind drainage system and stability for the structures as a whole. The measure of riprap placed above geotextile, which worked well in the projects in the Yangtze River, was an improvement of the traditional method of riprap. A new method of filling cellular fabric forms above the water level and pulling them into water was employed with full success. The achievements and experiences gained from the three pilot projects were proved to be effective and worthy for levee bank collapse treatment.

Key words: riverbank collapse treatment; geotextile; riprap; framed beam

(责任编辑: 李福田)