

模袋混凝土护坡

在永定河滞洪水库工程中的应用

刘万新

(水利部天津水利水电勘测设计研究院, 300222)

TV62 B

摘要: 模袋混凝土护坡是一种新型的护面技术, 具有整体性强、冲灌的混凝土强度可根据工程具体要求设计的优点。它克服了其它护面型式的诸多缺点, 成为十分成熟的护面新技术。随着土工合成材料在水利工程上大面积推广应用, 模袋混凝土护坡具有良好的应用前景。

关键词: 滞洪水库; 模袋混凝土; 护坡; 应用

1 工程简介

永定河滞洪水库位于卢沟桥以下永定河稻田及马厂河段内, 距北京市区约 20 km。水库的主要任务是防洪。工程总体概括为“两库”、“四堤”、“四闸”。两库即稻田和马厂水库。四堤即滞洪水库右、中、横堤及永定河左堤。四闸即扩建小清河分洪闸、新建进水闸、连通闸和退水闸。

2 模袋混凝土护坡的设计

模袋混凝土是把流动性混凝土用混凝土泵压入用高强度化学纤维制成的模袋里形成的高强度混凝土硬化体。由于模袋本身的透水性使混凝土中多余水分在灌注压力的作用下被部分挤出, 从而降低混凝土水灰比, 提高了混凝土的密度和强度。作为一种新的工艺, 模袋混凝土主要用于河流护岸、坡面衬砌以及防止高速水流侵蚀的部位。

施工时, 在施工现场铺上模袋, 把混凝土泵压其中即成。可适应复杂地形和松软地基, 与以往砌筑和普通混凝土相比, 具有施工迅速、安全、节省费用等特点。

模袋混凝土护坡的设计包括袋材选择、模袋缝制、厚度

确定、稳定性分析、排水设计、护坡构造及抗滑措施考虑等。

2.1 模袋材料选择原则

模袋材料的选择是模袋混凝土应用中的首要条件, 必须根据工程要求和当地土质、地形、水文、经济、施工条件选择强度较高、变形较小、孔径适宜的模袋材料, 才能保证施工的顺利进行。选择的土工模袋应具有较高的强度和一定的透水性, 在混凝土自重的压力下, 模袋不能破裂, 但能将混凝土中多余的水分挤出, 使混凝土的水灰比降低, 提高混凝土的早期强度, 混凝土在较短时间内能形成硬化体; 同时, 模袋的平均孔径应小于胶凝材料的平均粒径, 不致过多的漏浆, 从而保证混凝土的质量(见表1)。

表 1 永定河滞洪水库选用的模袋材料指标

原料品种	单层重量 g/cm ²	拉伸强度 N/cm ²		延展率 %		撕裂强度 N/cm ²		顶破强度 N	渗透系数 cm/s	单层厚度 mm
		经	纬	经	纬	经	纬			
丙纶	200	1500	1300	14	12	600	400	800	0.028	0.45

2.2 模袋缝制

模袋为双层织物、四层组织, 上下两层土工模袋布起模板作用, 中间织入两层不同粗细的丝或绳作厚度加固筋, 以控制模板成形厚度。在护岸工程中, 模袋混凝土厚

度一般为 15~20 cm；在海堤防护中，厚度一般为 30~70 cm。

每块模袋缝制的总体尺寸要考虑坡长、纵横向水缩率和边界处理要求，如固定模袋的穿管孔、绑扎布条及连接相邻模袋的搭接土工布等。每单元体内留设充灌混凝土的灌浆口、各灌浆口的数量与位置一般均匀分布，每个口进料要求大致能填满 10~15 m² 的面积。

2.3 护坡厚度的确定

土工模袋护坡厚度的确定，可分别按下列方法计算，取其中最大值。

(1) 抗漂浮所需厚度的计算

$$t \geq 0.07 C H_o \times L_o / L_r \times \gamma_w / (\gamma_c - \gamma_w) \times (1 + m^2) / m$$

式中：C—面板系数，大块混凝土护面取 1.0，护面上有滤

水点取 1.5；

H_o 、 L_o —分别为波浪高度与长度，m；

L_r —垂直水边线护面长度，m；

γ_w —水的容重，kN/m³；

γ_c —混凝土或砂浆的有效容重，kN/m³；

m —边坡角 α 的余切， $m = \text{ctg}\alpha$ 。

(2) 抗冰推力所需厚度计算

如果忽略护面材料的抗拉强度，可按下式计算。

$$t \geq [p_i t_i (F_i m - f_a) - H C_a (1 + m^2)] / [r_i H_i (1 + m f_a) \times 1 + m^2]$$

式中：t—所需厚度，m；

p_i —设计水平冰推力，有资料建议初设取 150 kN/m²；

t_i —冰层厚度，m；

H_i —冰层以上护面垂直高度，m；

C_a —护面与坡面的粘结力，150 kN/m²；

f_a —护面与坡面的摩擦系数(无资料可取 0.5)；

F_i —安全系数，一般取 3.0。

2.4 护坡稳定性分析

土坡上的模袋不允许在自重的坡向分力下产生滑动，并有要求的安全系数 F_s ，可根据静力平衡条件按下式计算，计算所得的 F_s 应不小于 1.5。

$$F_s = R / T = [(L_0 + L_2 \cos\alpha) / (L_2 \sin\alpha)] \times f_a$$

式中：R、T—模袋沿坡面的抗滑力与滑动力；

α —坡角，(°)；

f_a —模袋与坡之间的摩擦系数，应由试验确定。无试验资料时，可取 0.5；

L_0 、 L_2 —分别为坡长、坡角长，m。

2.5 护坡的排水设计

土工模袋护坡应根据坡面水的出流量来确定滤水点分布的数量；当选用无滤水点土工模袋时，应增设渗水滤管。也可根据实际情况设置排水槽。

顺坡轴方向 1 m 所需排水孔数 n 可按下式估算。

$$n = F_s \times \Delta q / (k \times J \times a)$$

F_s —安全系数，可取 1.5；

Δq —顺坡轴方向 1 m 所需要的排水量，m³/s；

k —渗水孔处滤层渗透系数，m/s；

J —渗水处水力梯度；

a —一个排水孔面积，m²。

2.6 护坡的构造

(1) 顶部。一般宜采用浆砌块石保护，对于有地面径流的坡顶，应设置截水沟或其它防止地表水侵蚀土工模袋下部基土措施。

(2) 底部。海岸斜坡护岸，底端应设压脚棱体或块体；河岸宜使模袋下端伸过设计冲刷线以下 0.5 m 或抛石保护，以防冲刷。

(3) 侧翼。应开沟槽，将两翼模袋埋入沟槽中。

(4) 相邻两块土工模袋接缝，应垫设土工布，土工布与土工模袋的搭接长度应不小于 50 mm。

3 模袋混凝土护坡的施工

3.1 施工前的准备

(1) 熟悉设计文件，编制施工组织设计。

(2) 根据设计图纸、现场地形、设计标准段和异型段土工模袋加工尺寸图，委托生产厂家加工。

(3) 布设施工基线、高程控制点。

(4) 施工机具、设备组织、施工便道、管道铺设等。

3.2 坡面的整理

土工模袋护坡充灌成型后美观与否，很大程度上取决于坡面修整的质量。

在测量放样的基础上，首先用机械进行开挖，并保证土坡面留有 20 cm 厚的保护层，切忌超挖回填，然后进行精细放样。采用人工方式进行坡面修整，必须做到坡比达设计要求，河口线顺直，坡面平整，不能有块石突出或凹坑，不能有树根及其它尖锐杂物，以免刺破土工模袋，影响充灌质量。对部分回填部位应做到分层夯实，以确保回填土干容重达到设计要求。

3.3 模袋的铺设

(1) 施工前必须确定沿水流方向为施工方向，然后沿岸线施工方向铺设土工模袋单元，第 1 次铺设至少 4 个单元，异型单元必须对号入座，施工的程序方向与单元搭接布向同。

(2) 坡顶距模袋穿管布外侧 1 m 左右，沿岸线方向设置钢管桩一排(间距 1~2 m)，用倒链与模袋上端穿管布内钢管连接，以调节模袋施工冲灌时的动态张力，确保模袋冲灌厚度一致。坡顶模袋要有一定的富余量，使单元施工结束时上端控制在设计范围内，富余量凭经验而定，一般为

3%，并在第一单元施工时修正确定。

(3) 随模袋铺展，及时压设砂袋或碎石袋，对于受风浪影响较大的坡面，砂袋宜用绳索接成串，对水下部分铺设，应由潜水员配合进行检查。

(4) 土工模袋铺设后应及时冲灌混凝土或砂浆。

3.4 模袋混凝土的配比及制作

混凝土的质量是保障施工顺利、加快施工速度、保证施工质量、提高经济效益的重要前提，充灌模袋的混凝土要有良好的和易性、流动性和泵送性，确保混凝土能顺利地流入模袋中不需要机械外力而自动密实，且不发生离析。

一般可采用水泥、砂、碎石的配合比为1:2:2，水灰比为0.6~0.65，坍落度为(21±2)cm，中砂、碎石粒径为0.5~1.0cm。

为确保混凝土在模袋中呈扇形扩散充盈袋体，可在混凝土配比中掺入高效减水剂、引气剂和膨胀剂。其掺量应根据设计的建议值，结合材料的实际情况进行调整。通过模袋混凝土配比大样试验，最终确定配比。

混凝土制作时由专门技术人员负责，严格把关，不合格的混凝土严禁使用，以免产生堵管的严重现象。

3.5 模袋混凝土的充灌

模袋混凝土充灌是整个施工过程的关键工序，须高度重视，严格要求。

(1) 混凝土充灌前首先应用清水冲洗湿润管道，然后用水泥砂浆润滑管道。

(2) 陆上部分的模袋充灌在充灌前应洒水湿润。

(3) 模袋灌浆口与输送泵的橡胶软管

连接，并绑扎紧密，以防泄漏。

(4) 混凝土充灌应从已充灌的相邻块处开始，沿自下而上、从两侧向中间的次序进行，充灌过程中应及时调整模袋上缘的拉力，确保土工模袋护坡厚度一致。

(5) 充灌速度应控制在10~15m³/h

范围内，出口压力以0.2~0.3MPa为宜，当护坡坡度较缓，混凝土充灌向下流动困难大，应采用人工踩挤的方式，使混凝土向下流动，达到充灌成型的目的。

(6) 土工模袋混凝土充灌将近饱满时，应暂停5~10min，待模袋中的水析出后，再充灌至饱满。

(7) 土工模袋充灌成型后，应及时用水将模袋表面和滤点孔内的灰渣冲洗、清理干净，并进行养护，7d内要保持表面湿润。

(8) 混凝土的拌和和运输能力必须能跟得上泵的输送能力，尽可能加快浇筑速度，应连续作业，缩短浇筑时间，保证施工质量及施工安全。

(9) 一个单元浇筑完成后再铺设、搭接、浇筑下一个单

元，在每次混凝土浇灌完毕后的施工间歇期间，都应把输送泵与管道清理干净，以免混凝土粘附于机械和管道表面而影响再次浇灌混凝土。

(10) 作好模袋混凝土的原始施工记录，其内容包括：每块混凝土所用的材料品种、质量、混凝土配比、坍落度和掺气量，每块混凝土的浇筑顺序、施工起止时间、施工时发生的故障及处理经过等。

4 模袋混凝土质量控制

4.1 土工模袋的检验与验收

(1) 厂(供)方应逐批提供出厂合格证明和国家认可的质量检测试验单位出具的技术性能鉴定书或试验报告。

(2) 土工模袋进场时，应对其规格尺寸、缝制质量和外观的缺陷等进行检查。

(3) 主要物理及技术性能应按下列要求抽查复验：每批抽样一块(但不超过5000m²)；当设计有要求时，按设计要求抽样。

4.2 土工模袋混凝土的强度检验

土工模袋混凝土试件应在充灌口取样，取出的混凝土应先灌入与模袋相同的织物布袋中(布袋尺寸长1500mm、宽150mm)，灌入长度1200mm，吊置10~20min，取出装入标准试模成型。

4.3 土工模袋护坡施工的检验标准

土工模袋护坡施工的允许偏差、检验数量和检验方法见表2。

表2 土工模袋允许偏差、检验数量、检验方法

序号	检查项目	允许偏差	检验单元及数量	单元测点	检验方法
1	混凝土充灌率(%)	±5%	每块	1	计算
2	相邻块缝宽(mm)	≤30	每块	3	用尺量上、中、下三处
3	表面平整度(mm)	10	每块	2	用2m靠尺量

5 结语

目前，模袋混凝土护坡技术得到了迅速的发展，模袋材料从单一的锦纶扩大为丙纶、涤纶、锦丙等多种，使模袋布的价格大幅度降低。模袋布使用已从渠道、内河走向大江、沿海和海岛。模袋混凝土护坡的施工工艺有了新的提高，从最初的岸上作业到水下的潜水作业。模袋混凝土护坡的厚度也从一般的10~20cm，发展到30、40cm，最厚达60cm。相信，随着模袋混凝土技术研究的发展和应用经验的不断积累，模袋混凝土护坡技术必将进入一个快速的发展阶段。

(责任编辑：林跃朝)