

动水中投放护岸土工包的试验研究

杨素勤¹, 束一鸣¹, 杨小超²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 吉林大学交通学院, 吉林 长春 130025)

摘要:为指导护岸工程中土工包的实际施工,对动水中投放土工包的沉落规律进行试验研究。在宽体矩形水槽中进行了几何比尺为 1:60 的土工包动水投放的水力模型试验,研究土工包在沉落过程中受水流影响产生的位移特征,对土工包的沉落规律进行归纳。结果表明,流速增加时水平位移增加得很快,当流速增加 1 倍时位移也会增加大约 1 倍,相同流速下,水深越大位移越大,土工包基本平行下降,转动角度很小,可以忽略。

关键词: 土工包 动水投放 水力模型试验 沉落规律

中图分类号:TV135.5 文献标识码:A 文章编号:1006-7647(2006)S1-0074-02

1 土工包技术简介

岸坡及坡脚防护的传统做法是采用埽枕、柴排、石笼、抛石和护岸木桩等工程措施。但抛石等由于缺乏有效的滤层,水流仍将刷深河床,带走细土细粒,洪水期这些体积较小、质量较轻的防护物更易被冲走,以致岸坡继续塌陷,需要逐年维修加固。近年来,土工合成材料的开发利用为防护工程开辟了一条新途径。海岸工程、围海造地、港口建设和航道整治等工程中开始大量应用土工织物充填袋技术,取得了较大的成功。

适用于治河等工程的土工包(geocontainer)技术,是将高强土工织物铺设在特制的可开体的空驳船内,将疏浚河道、港口和三角洲的泥沙等沉积物充填其中,待充填至 50%~70% 后用高强度线缝合成一定形状。利用开体驳船装载、运输至指定位置进行投放,一般抛投至江河及近海底部或其他土工包上^[1]。土工包体积通常为 100~1 000 m³,由于其体积巨大(可达 800~1 000 m³)、柔性好、整体性强,因此可用于大面积崩岸治理、河岸及河底的淘刷治理。该技术起源于荷兰,早在 1957 年 Nicolon 公司生产的土工合成材料编织物被制成砂包用于 Pluimopot 的堤防堵口^[2]。目前土工包已成功应用在国外的海岸工程、围海造地,以及防波堤、丁坝和砂丘的构建上,或用来储存淤泥从而改善环境。

将土工包投放到水底的操作过程如图 1 所

示^[3]。图 2 为土工包用于防治崩岸和坡脚淘刷的示意图^[3]。该技术的优点是:①就地取材,可通过疏浚得到。②土工包体积大,易于形成稳定结构,避免被水流冲走。③在水流、波浪、潮汐等影响下仍能较精确定位。④土工材料及其内充填物不会被腐蚀。⑤施工快捷简便。⑥成本低廉且经久耐用。主要缺点是土工包一旦被扎破,包内砂石流失,导致土工包失效。另外,若土工包裸露在空气中易老化失效。土工包技术的研究涉及制作工艺、投放工艺及机理、水中运动规律等方面,本文主要阐述动水中投放土工包的位移特征^[4]。

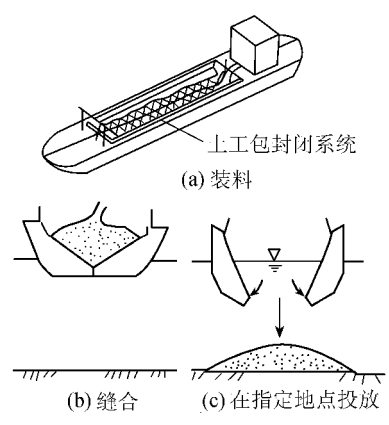


图 1 土工包投放过程

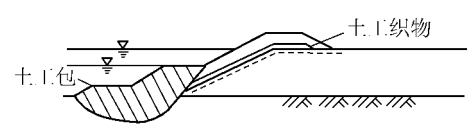


图 2 土工包用于防治崩岸和坡脚淘刷示意图

作者简介:杨素勤(1981—),女,河南修武人,硕士研究生,从事土工合成材料应用研究。E-mail:ysqsxl@yahoo.com.cn

2 土工包投放模拟试验

2.1 试验条件

土工包采用柔软、能适应变形、渗透性强的机织物,其有效孔径满足反滤设计准则。填充度约为50%,设计江河流速为1~3 m/s,水深为8~14 m。试验使用循环宽体矩形断面水槽,长22 m,高75 cm,宽50 cm。水槽首部设有静水栅,尾部有可调水深的尾门与测定流量的三角形薄壁堰。水槽模拟试验采用重力相似准则,模型试验几何比尺 $\lambda_L=60$,流速比尺 $\lambda_v=\sqrt{\lambda_L}=7.75$,参照卵石推移质起动相似要求,土工包水下有效密度比尺为1,填充砂的密度为1600 kg/m³。

2.2 试验过程

参考有关文献^[2],本试验选用3种尺寸的土工包,做成圆柱状。模型土工包大包、中包、小包的长度分别为35 cm、30 cm、25 cm,对应的实际长度分别为21 m、18 m、15 m;两端周长分别为50 cm、41 cm、36 cm,这3种土工包对应的实际体积分别为280 m³、200 m³、160 m³;当填充率为50%时,其质量分别为2.07 kg、1.48 kg、1.18 kg。

2.2.1 土工包在静水中的投放试验

首先在静水中抛投土工包,把土工包均匀地铺放在2块成130°相互接触的矩形光滑木板上,模拟实际的开体驳船。木板慢慢打开,使包从木板上滑落。其沉落到底的位置与其投放初始位置水平面投影基本重合,也就是位移和角度基本为零,可以忽略。这是土工包抛投施工的理想条件。然而,实际施工过程中水流流速一般不为零,所以需要研究土工包在动水中的位移特征,掌握其较准确定位的规律。

2.2.2 土工包在动水中的投放试验

3种土工包在水深分别为13.3 cm、18.3 cm和23.3 cm(实际水深为8 m、11 m和14 m)与流速分别为0.13 m/s、0.26 m/s和0.4 m/s(实际流速为1 m/s、2 m/s和3 m/s)的9种工况下进行投放。每种工况抛投2次,取平均值。

2.3 试验现象和结果

实验观察显示:①土工包刚接触水面时不具有速度,但很快会因为水流而获得水平速度。②当土工包沉落数厘米后在轴线方向发生轻微旋转,在这个阶段内竖直速度逐渐变大最后达到平衡,同时土工包也获得更大的水平速度。③土工包往往是前端先沉落到槽底,例如长25 cm、完全饱和的土工包在流速0.13 m/s、水深18.3 cm工况下随时间的实体位置变化见图3。④将要接触槽底时,土工包以较大

的速度在槽底的一层“水垫”上滑动,之后速度减小,土工包与槽底部稳固接触,最后它们之间的摩擦使土工包停止运动。⑤当土工包刚被使用后从水中取出再以湿态投放,则直接沉落,并无干态时的浸水漂浮过程,所以,土工包在干湿两种状态下的位移不尽相同,见表1和表2。表中 s_1 为土工包沉落过程中顺水流的位移; s_2 为垂直水流的位移; θ 为旋转角度。⑥在大流速条件(0.4 m/s)下,水深为13.3 cm和18.3 cm时3种土工包运动距离均较大,有时会在前进过程中接触到两边的槽壁,因摩擦而停止运动。只有当水深为23.3 cm、土工包长35 cm时,沉落过程才较稳定,水平和垂直方向均有数十厘米的位移。这说明在较大流速时应采用质量相对较大的土工包才能获得稳定的投放效果。

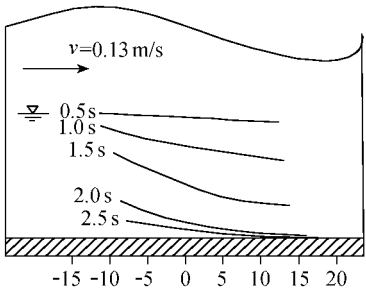


图3 土工包随时间的位置变化侧视图(单位:cm)

各工况下所测得位移和角度的试验值见表1和表2。由表1和表2可知:①填充率相同时,土工包越大、包内填充物越重,随水流的位移越小。②流速增加时位移增加很快,似乎当流速增加1倍时位移也增加大约1倍。③相同流速下水深越大位移越大。④土工包平行下降,转动角度很小,土工包干燥状态下最大10°左右,水饱和状态时转动角度就更小了,可以忽略。

表1 土工包和填充物均为干燥状态时的位移及转角

类别	工况		s_1 /cm		s_2 /cm		θ 试验值/(°)
	流速 v / (m·s ⁻¹)	水深 h / cm	试验值	计算值	试验值	计算值	
小包	0.13	13.3	22	21.2	3	2.7	8
	0.13	18.3	30	29.2	4	3.7	10
	0.26	13.3	43	42.5	6	5.3	12
	0.26	18.3	60	58.5	8	7.3	12
中包	0.13	13.3	20	20.5	2.5	2.6	6
	0.13	18.3	26	28.2	3	3.5	6
	0.26	13.3	40	41.0	6	5.1	8
	0.26	18.3	60	56.4	8	7.0	8
大包	0.13	13.3	16	17.2	2	2.2	4
	0.13	18.3	22	23.7	2.5	3.0	5
	0.26	13.3	38	34.5	5	4.3	5
	0.26	18.3	48	47.4	6	5.9	5

(下转第79页)

就极易越浪,本试验中管袋堤坝失稳多是越浪所致,随着无防护管袋堤坝坝高的增加,其所对应的相对波高却随之减小,从某种意义上来说无防护管袋堤坝随着坝高的增加稳定性有降低的趋势。

3 结 语

- a. 堤前波压力随波高增大而增大,随波陡增大而减小,随边坡坡比的增大先增大后减小。
- b. 管袋袋底的上抬波压力也是随波高增大而增大,随波陡增大而减小,随边坡坡比增大而减小。
- c. 坦波波浪对无防护管袋堤坝的破坏作用要大于陡波波浪,当堤前水位不超过堤顶时,堤前水深越深,越不利于无防护管袋堤坝的稳定;在相同的

D_c/D 情况下,随着坝高的增加其稳定性有降低的趋势。

参考文献:

[1] SHU Yi-ming. Field experiment for dike soil at Yangtze River Estuary[C]//Proceedings of the International Symposium on Engineering Practice and Performance of Soft Deposits. Japan: International Geosynthetics Society, 2004: 457-461.

[2] JTJ294—2001 波浪模型试验规程[S].

[3] 林刚,束一鸣,林勇.充填管袋填筑的原理与实践[J].人民长江, 2005(2): 25-27.

[4] 蒋宗燕,潘宝雄,黄碧珊.斜坡护面上波浪打击压力的试验研究[J].港口工程, 1998(1): 22-27.

(收稿日期: 2006-06-28 编辑: 骆超)

(上接第 75 页)

表 2 土工包和填充物均为水饱和状态时的位移及转角							
类别	工况		s_1/cm		s_2/cm		θ 试验值/(°)
	流速 $v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	水深 h/cm	试验值	计算值	试验值	计算值	
小包	0.13	13.3	6	5.3	0.8	0.7	4
	0.13	18.3	8	7.3	1.0	1.1	5
	0.26	13.3	12	10.6	1.8	1.3	4
	0.26	18.3	16	14.6	2.0	1.8	4
中包	0.13	13.3	5.5	5.1	0.6	0.6	3
	0.13	18.3	8	7.0	0.8	0.9	5
	0.26	13.3	11	10.2	1.5	1.3	4
	0.26	18.3	15	14.0	1.8	1.8	5
大包	0.13	13.3	4	4.3	0.4	0.5	2
	0.13	18.3	6	5.9	0.8	0.7	3
	0.26	13.3	9	8.6	1.0	1.1	2
	0.26	18.3	12	11.9	1.2	1.5	2

根据因次和谐原理和表 1、表 2 中试验数据得出位移的计算公式:

水平位移

$$s_1 = \frac{0.11kvh}{(\beta V)^{1/6} \sqrt{\frac{\rho_g - \rho_w}{\rho_w} g}} \quad (1)$$

垂直位移

$$s_2 = \frac{1}{8} s_1 \quad (2)$$

式中: k 为干湿系数,当土工包和填充物均为干燥状态时取 1,水饱和状态时取 0.25; v 为流速; h 为水深; ρ_w 和 ρ_g 分别为水和填充物颗粒的密度; g 为重力加速度; β 为填充率; V 为土工包的体积。例如,当 $V = 740 \text{ cm}^3, 920 \text{ cm}^3, 2592 \text{ cm}^3$ (分别对应小包、中包、大包), $\beta = 50\%$ 时,由式(1)~(2)可得土工包在

各工况下的位移计算值,见表 1 和表 2。将表 1 和表 2 中的试验值和计算值进行比较,计算值与试验值十分接近,式(1)~(2)符合试验结果。

3 结 论

试验分析了水流作用下影响土工包位移的各种因素,归纳了土工包沉落计算公式,计算与试验结果比较吻合。试验表明,土工包湿态时抛投位移约为干燥状态时的 1/4;在直线非宽水道中土工包的垂直水流位移是顺水流位移的 1/8;土工包位移随水深、流速的增加而增加,随体积、填充率、填充物密度的增加而减小。

然而,在河道整治、海岸工程、围海造地、港口建设和航道整治等工程中,单个土工包难以满足工程要求,需采用堆积土工包的结构形式,今后需进一步研究土工包堆积时的投放位移特征和土工包堆体结构的稳定性。

参考文献:

[1] PILARCZYK K W. Geosynthetics and geosystems in hydraulic and coastal engineering[M]. Rotterdam: A. A. Balkema, 2000.

[2] 《土工合成材料工程应用手册》编写委员会.土工合成材料工程应用手册[M].2 版.北京:中国建筑工业出版社, 2000: 322-323.

[3] 汪华安.崩岸机理与预测方法研究[D].南京:河海大学, 2003.

(收稿日期: 2006-06-28 编辑: 骆超)