

加筋土生态挡墙用于防渗排水设计的几个问题

严 飞¹ 隋 华² 龚 瑜¹ 蒋力俭¹

(1. 上海市市政工程设计研究总院, 上海 200092; 2. 海军北海工程设计院, 山东 青岛 266012)

摘要 指出加筋土挡墙用于防渗排水设计时如考虑不周则可能给堤防安全带来严重的隐患。在总结工程设计实践的基础上, 提出加筋土生态挡墙在设计中值得注意的几个问题, 如设计稳定安全系统、水位骤降工况下的排水设计计算、加筋体材料的选取、回填土材料的使用、加筋材料与砌块的连接、排水反滤层的设计等。

关键词 加筋土挡墙; 河道护岸; 防渗排水

中图分类号 TV871 **文献标识码** B **文章编号** 1006-764X(2009)S1-0215-02

1 问题的提出

随着经济社会的迅速发展和城市建设步伐的加快, 城市河道建设不仅要使堤岸发挥出水利工程的功效, 而且要融入城市景观、生态环保等多种内容。传统的浆砌块石挡墙、钢筋混凝土挡墙将整个河岸表面封闭起来, 隔绝了土壤与水体之间的物质交换, 在不同程度上对景观、环境和生态产生不良的影响, 与“人水和谐”的理念相去甚远。因此, 近年来强调“生态、自然、景观”的各种生态挡墙应运而生, 譬如: 苏布洛克自嵌式景观挡墙, 由塑料压杆和嵌锁干垒挡土块将墙体连接, 具有施工速度快、墙体美观的特点; 箱式绿化混凝土挡墙, 采用粗骨料的多孔混凝土作为墙体材料, 可在墙体材料上有效地实现绿化种植; 荣勋挡墙、钻石干垒挡墙, 通过砌块间巧妙的连接实现自反滤系统。以上各类生态挡墙目前已应用于城市河道整治及护岸改造工程中, 为水利工程与环境的和谐发挥了重要的作用。

尽管目前各种生态挡墙种类繁多、各有特色, 但从本质上来说均属于加筋土挡墙。挡墙的稳定性均依靠墙后的土工合成材料来保证。加筋土挡墙应用于公路行业已相对成熟, 但用于水利工程中, 尤其是堤防工程中仍属于较新的技术领域。由于河道水流运动的复杂性, 如直接采用公路加筋土挡墙的设计方法进行设计, 则可能会存在一定的安全隐患, 甚至造成挡墙失稳、堤防坍塌的严重后果。

笔者在总结大量工程设计实践的基础上, 提出

加筋土生态挡墙在防渗排水设计中值得注意的几个问题, 供相关工程参考。

2 设计中存在的问题

2.1 设计稳定安全系数

一般挡墙的稳定安全系数是根据挡墙的重要性确定级别, 然后再选取相应的稳定安全系数, 但根据 SL379—2007《水工挡土墙设计规范》, 对于加筋土挡墙而言, 不论挡墙级别怎样, 其抗滑稳定安全系数基本组合均不得小于 1.4, 特殊工况不小于 1.3; 抗倾覆稳定基本组合安全系数不小于 1.50, 特殊工况不小于 1.4; 加筋体抗拔安全系数不小于 2.0。由此可见, 在规范中已注意到了加筋土挡墙在运行中存在的安全问题, 对结构的安全可靠度提出了要求。

2.2 水位骤降工况下的排水设计计算

为体现亲水效果, 加筋生态挡墙的顶标高通常仅比河道正常水位高 30~50 cm, 在洪水期挡墙顶允许淹没。在挡墙顶较长时间被淹没后, 墙后土体处于饱和状态, 此时如墙前水位受泵强排等因素影响而导致下降速度过快时, 挡墙墙后土体的地下水无法及时排出, 墙前、墙后水位差过大则极易造成墙体失稳。

在常规的计算中, 由于对墙前、墙后水位下降速率没有深入分析, 因此挡墙在水位骤降工况下的计算往往不够严密。笔者以某排涝河道生态挡墙工程为例, 说明在此工况下设计计算的详细过程。

某加筋土生态挡墙工程位于城市骨干排涝河道的出口处, 根据水利规划, 本河道出口规划排涝闸

1 处 ,规划流量为 5 m³/s ,在排涝期墙前水位需要由 4.1 m 骤降至 1.5 m ,此时挡墙在水位骤降工况下的稳定尤为重要。

首先分析墙前水位下降速率 ,假定河道为一封闭的水体 ,则河道水位下降的速率可根据下式计算 :

$$v = \frac{3600Q}{BL}$$

式中 : Q 为规划排水闸流量 ; B 为河道宽度 ; L 为排涝计算河道长度。

经计算 ,河道水位下降速度为 10 cm/h。
墙后水位下降速率采用平面渗流有限元计算进行分析 ,根据达西定律进行计算 :

$$v' = KJ$$

式中 : v' 为渗透流速 ; K 为渗透系数 ; J 为渗透坡降。
通过计算得到墙后地下水的渗透流速 ,从而得到墙后水位的下降速度为 4 cm/h。

根据拟定的墙前水位下降速度 (0.1 m/h) 及墙后水位下降速度 (0.04 m/h) 确定墙前、墙后水位组合 ,直至计算至墙前水位降至 1.5 m ,计算取每 1 h 作为 1 种工况 ,每种工况均根据拟定的墙前、墙后水位计算相应的抗滑稳定安全系数、加筋土抗拔安全系数、抗倾覆安全系数、整体稳定安全系数。

根据对以上水位逐时计算 ,在墙前水位下降速度超过墙后排水速度时 ,各项计算指标的安全系数随着墙前、墙后水头差的增大而减小 ,但当墙后水位降到 3.44 m 时安全系数为最小 ;在此以后 ,由于墙前水位进一步下降 ,墙体所受的浮托力相应减小 ,同时墙后的水土压力也有一定程度的减小 ,因此挡墙的安全系数又有所增大。即安全系数为一个曲线变化过程 ,以抗滑稳定安全系数为例 ,抗滑稳定安全系数 F 与时间 t 的关系曲线见图 1。

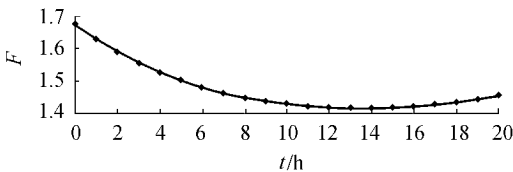


图 1 $F \sim t$ 关系曲线

不同预降历时的各项安全系统计算结果见表 1。规范对加筋土抗拔安全系数、抗滑安全系数、抗倾覆安全系数及整体稳定安全系数的要求分别为大于 2、大于 1.3、大于 1.5、大于 1.2 ,并要求现状地基

表 1 各预降历时的安全系数计算结果

预降历 时/h	加筋土抗拔 安全系数	抗滑安全 系数	抗倾覆 安全系数	整体稳定 安全系数	地基平均承 载力计算值/kPa
1	2.470	1.674	2.011	1.446	46.338
14	2.470	1.415	2.363	1.321	56.647
20	2.470	1.453	2.64	1.302	61.043

承载力不超过 110 kPa。从表 1 结果可以看出 ,以上各项均满足要求。

按笔者的方法进行骤降工况下的加筋土结构计算 ,避免了该工况下计算的随意性 ,揭示了挡墙安全性随时间变化的规律 ,这在公路加筋土挡墙设计中是不可能考虑到的。

2.3 加筋体材料的选取

加筋土挡墙通常采用土工格栅作为加筋体材料 ,但由于土工格栅种类较多 ,不同类型的土工格栅用途大相径庭。在材料选取时 ,对于玻璃纤维土工格栅的选择尤需慎重。玻璃纤维土工格栅属于织造土工织物 ,根据 GB 50290—98《土工合成材料应用技术规范》第 6.2.1 条 ,以及 SL/T 225—98《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》第 7.5.3 条 ,筋材刚度模量不同 ,破裂面不同 ,纤维土工格栅属于织造土工织物 ,破裂面属于柔性筋式。因此需要特别注意 ,若设计时按刚性筋式的破裂面计算 ,施工时不能用纤维土工格栅。由于玻璃纤维的拉伸变形量很小 ,一般小于 3% ,显示刚性 ,不适于允许一定变形的柔性结构的加筋土挡墙。因此 ,必须慎重选用玻璃纤维土工格栅作为加筋体材料。

2.4 回填土材料的使用

加筋土挡墙墙后回填土材料是主要的防渗体 ,土体稳定、密实是挡墙稳定的基础。在设计中通常要求墙后回填土采用素土回填 ,且压实度不小于 90%。但由于实际施工中墙后的作业面狭窄 ,大型压实设备难以发挥作用 ,小型设备夯实效果又难以保证 ,造成墙后土体后期沉降较大 ,与土工格栅结合难以保证。因此 ,为提高加筋土挡墙的可靠度 ,建议在不影响绿化种植效果的前提下在加筋土挡墙回填土的适当位置掺加 6% ~ 8% 的石灰或水泥 ,以提高土体的性能 ,增强土体的抗渗能力 ,减小回填土沉降并增强其与土工格栅的结合性能。

2.5 加筋材料与砌块的连接

加筋材料如何与砌块连接并形成有效的加筋土挡墙受力体系是保证加筋土挡墙稳定的关键。在某些加筋土挡墙产品中 ,砌块棱角较为锋利 ,而加筋材料直接压在挡墙砌块下 ,当土体发生沉降时加筋材料随土体一起沉降 ,而砌块沉降量相对较小 ,从而加筋材料在沉降差的作用下很容易被砌块的棱角割破 ,造成连接失效。建议加筋材料在与砌块连接时采取反包回折、砌块倒角、连接处增加土工布条等方式减小柔性材料与刚性材料之间的应力集中现象 ,提高连接的可靠性。

(下转第 238 页)

后期的维护费用,因此选用铰接式护坡是经济合理、技术可行的。铰接式混凝土护坡在哈达山灌区输水干渠上的成功应用,其经验具有推广价值。但在北方寒冷地区的应用还很少,在实际工程应用中难免发现新的问题,这有待于今后进一步的研究和论证。

参考文献:

[1] 张玉清, 宓永宁. 铰接式混凝土砌块护坡在北方地区的

(上接第 216 页)

2.6 排水反滤层的设计

加筋土挡墙需能够及时排出墙后的地下水,以降低土水压力对加筋土挡墙的影响,此时反滤层必须充分发挥作用。尽管目前许多加筋土挡墙产品被认为自身墙体能够排水,但为安全起见,建议在加筋土挡墙后设置不小于 20 cm 的碎石反滤层,并采用无纺土工布包裹,以提高反滤的可靠性。

3 结 语

在强调“人水和谐”的今天,加筋土生态挡墙的应用将越来越广泛,相应的土工合成材料亦将进一步用在更多的工程中。为使加筋土生态挡墙更好地

(上接第 222 页)

c. 由于试验时间和条件的限制,试验中没有考虑波浪的作用时间、管袋堤坝地基的坡度、地基土体及渗透性等对坝体稳定性的影响,对此还需要做进一步研究。

d. 在试验过程中观察到由于波浪爬高产生的越浪对于管袋堤坝的稳定有很大影响,但是波浪的爬高高度具有随机性,测量数据有时会因此出现较大变化,对于这种现象需要深入研究。

(上接第 227 页)

4 结 论

土工织物作为排水反滤的优良材料,在防洪抢险确保堤坝安全方面有着广阔的前景和巨大的潜力。我国至 1998 抗洪行动后就广泛开展了土工材料在防洪抢险中的应用研究,尤其是着重研究了土工织物在防治管涌、漏洞等险情的机理,并取得了一定的研究成果。应用土工织物进行防洪抢险时,要时刻把握住土工织物选材、备料和施工 3 个重点环节,必须根据具体险情灵活采取措施,把常规抢险技术与土工织物抢险技术结合使用,防洪抢险的成功

应用[J]. 人民黄河, 2008, 30(8): 88.

[2] 陈小华, 李小平. 河道生态护坡关键技术及其生态功能[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 1168-1176.
[3] 吴义锋, 吕锡武, 王新刚, 等. 4 种生态混凝土护坡护砌方式的生态特性研究[J]. 安全与环境工程, 2007, 14(1): 9.
[4] GB/SL23—2006 渠系工程抗冻胀设计规程[S].
[5] 曲祥民, 张滨. 季节冻土区水工建筑物抗冻技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008: 102-106.

(收稿日期 2009-08-19 编辑 高建群)

服务于水利工程,笔者在总结大量工程设计实践的基础上,重点从加筋土挡墙的防渗排水方面阐述了一些值得注意的问题,供相应工程参考。

参考文献:

[1] 周琳. 高速公路边坡生态防护技术研究[J]. 公路, 2000(9): 185-187.
[2] 刘玫. 浅谈景观设计在城市河道整治工程中的应用[J]. 北京水利科技, 1993(3): 20-23.
[3] 颜文. 生态河堤和应用与实验[J]. 供水与排水, 2000(3): 46-48.
[4] 包承纲. 堤防工程土工合成材料应用技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.

(收稿日期 2009-07-02 编辑 高建群)

参考文献:

[1] JTJ 294—2001 波浪模型试验规范[S].
[2] 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.
[3] 朱朝荣, 束一鸣, 林刚, 等. 波浪作用下充填管袋堤坝的稳定性试验研究[J]. 黑龙江水专学报, 2006, 33(1): 23-26.
[4] 钟瑚穗. 波浪冲击压力理论和模比影响的研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 1988, 16(2): 20-28.

(收稿日期 2009-07-08 编辑 高建群)

也离不开必要的组织指挥,要在汛前组织专业的快速抢险队,并进行相关培训和演习。只有这些环节都做好了,土工织物在防洪抢险中才能发挥其强大的功能和作用,做好安全防汛。

参考文献:

[1] 俞仲泉. 土工合成材料与防汛抢险[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003: 61-64.
[2] 冯琳, 胡亚林. 土工合成材料在防汛抢险中的应用[J]. 中国水利, 2001(5): 47-48.
[3] 朱太顺. 土工合成材料在黄河防汛抢险中的应用研究[J]. 人民黄河, 2003, 25(3): 7-8.

(收稿日期 2009-08-22 编辑 方宇彤)