

抗土压力型园林驳岸构造设计方法探讨

李 胜¹, 潘瑞燕², 李荣华³, 袁银祥⁴

(1. 浙江林学院 园林学院, 浙江 临安 311300; 2. 中国美术学院 风景建筑设计研究院, 浙江 杭州 310012; 3. 杭州赛石园林绿化工程有限公司, 浙江 杭州 310012; 4. 浙江省嘉兴市园林绿化工程公司, 浙江 嘉兴 314001)

摘要:为了更好地规范园林驳岸构造设计, 提高其稳定性和安全性, 通过研究园林驳岸存在的潜在威胁, 将园林驳岸分为“抗土压力型园林驳岸”和“抗水冲刷型园林驳岸”; 同时针对园林中最常见的“抗土压力型园林驳岸”, 引入国外较合适的园林驳岸构造设计理论, 并结合国内实例, 详细介绍其设计验算方法和过程。图4表3参13

关键词: 园林学; 园林驳岸; 构造设计; 稳定性; 安全性

中图分类号: S731; TU986.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2009)04-0581-06

Discussion on design methods of garden revetments construction

LI Sheng¹, PAN Rui-yan², LI Rong-hua³, YUAN Yin-xiang⁴

(1. School of Landscape Architecture, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. The Landscape and Architecture Design Institute, China Academy of Art, Hangzhou 310012, Zhejiang, China; 3. Saishi Landscape Engineering Ltd., Hangzhou 310012, Zhejiang, China; 4. Jiaxing Landscape Engineering Com., Ltd., Jiaxing 314001, Zhejiang, China)

Abstract: In order to better regulate construction design of the garden revetments and enhance their stability and security, and on the basis of the potential threats to revetments, garden revetments were divided into “anti-earth pressure revetments” and “anti-water erosion revetments”. The detailed introduction, design and computation methods and processes of the most prevalent “anti-earth pressure revetments” in China was conducted on the basis of the relevant international theories on the design of garden revetments construction and domestic practices. [Ch, 4 fig. 3 tab. 13 ref.]

Key words: landscape architecture; garden revetment; construction design; stability; safety

水是园林中的重要运用元素之一^[1]。人们对水的偏好, 也促使水在园林中被大量运用。纵观国内大江南北, 几乎每个园林中都有水, 即使没有水, 大多也都被要求做出“水”来。为保护水陆相交的地方, 岸的稳定及其生态环境的构筑物——驳岸^[2], 也就成为园林中必不可少的成员, 同时也是园林中能做好景观文章的一个重要元素。探讨园林驳岸较为科学的设计手段与方法, 对规范园林驳岸构造设计具有非常的现实意义。

1 园林驳岸存在的问题

随着人们生活水平的提高, 老百姓对园林品质的要求也越来越高。正是处于国内迅猛膨胀的园林需求与外来技术的冲击, 国内园林行业来不及仔细总结、辨别与验证便被快速地挤上了“快速道”。从景观小区、主题公园再到风景区、森林公园的开发建设, 园林驳岸在全国遍地开花。园林驳岸作为园林中一个重要的构成元素, 就被园林整个行业裹挟着, 强制性地带上了“快速道”。由此, 园林驳岸发展至今, 也就产生了许多问题, 甚至引发出许多社会问题, 成为社会的热点问题^[3]。①由于园

林行业侧重于景观性与生态性,下意识地忽视或者轻视了驳岸稳定性与安全性因素^[4],对驳岸稳定性缺乏科学的计算与验算,而是根据设计师以往经验或者更有甚者是人云而亦云,降低了园林驳岸稳定程度的可信度与科学性,同时也影响到了整个园林行业体系发展的科学性与系统性。②园林驳岸地处室外,但项目实施过程中,经常发生风景园林设计师忽视或遗忘了场地情况已经发生变化的现实情况,构造做法等同于建筑工程做法,造成园林驳岸工程依附于建筑工程的假象,丧失了园林驳岸构造设计的严谨性。③园林驳岸设计位于园林行业与水利行业的学科的交集部位。园林行业对园林驳岸的研究甚少^[5],目前,许多的施工图绘制都是依靠以往的经验或者是现实做过但目前还安稳无恙的园林驳岸实例来进行,造成了驳岸工程资金的大量浪费,与节约型社会背道而驰,需要进行科学的讨论与纠正。④园林驳岸防渗设计的需要在很大程度上没有进行科学的土质勘探与分析,而是依靠经验甚至个别设计师凭自身直觉来决定是否做防渗,或者无视场地需要而过分夸大生态性而任其宝贵的水体流失或者设计师自身没把握池中水的稳定性而要求园林驳岸整体做防渗,这些无论对业主还是社会都造成了重大的经济损失。⑤园林驳岸的初始功能在整个社会日益强调景观性与生态性的强大声势下日益减退,甚少有人对此进行科学的研究与总结。

2 园林驳岸的潜在威胁

根据园林驳岸所处的环境威胁的强弱,笔者将它们分为“抗水冲刷型园林驳岸”与“抗土压力型园林驳岸”。这种分类方法不是割裂水与土的相互关系,而是出于方便研究的目的,把主要以抗土压力为目的,水冲刷影响很小的园林驳岸称为“抗土压力型园林驳岸”;而在抗土压力基础上,还得考虑水流冲刷影响的园林驳岸,称为“抗水冲刷型园林驳岸”。因此,两者都有着各自不同而且突出的潜在威胁。①抗土压力型的园林驳岸界定的条件是该种类型的园林驳岸基本是以抵抗土压力为主,由于水体比较平静,对驳岸的冲刷程度较小,因此,对于该种驳岸基本考虑土压力对驳岸的威胁。这是目前园林中最常见的园林驳岸型式。对待这种园林驳岸,园林驳岸需要依靠自身重力或者其他方式来抵抗背后的土压力向外的趋势,尤其是当岸坡角度超过土壤自然安息角时,土压力对驳岸的推力作用就更加的明显,因此,要切实做好对该种园林驳岸的构造设计,达到园林驳岸的加固和稳定效果。②抗水冲刷型园林驳岸不仅要抵御背后的土压力,而且还得抵抗流水对驳岸的冲刷和淘蚀。这种类型的园林驳岸情况比较复杂,需要充分考虑各方面潜在因素对该种园林驳岸的威胁。包括流水环流作用引起的威胁、流水侵蚀作用引起的威胁、波浪冲刷引起的威胁、机械作用引起的威胁和渗透作用引起的威胁等等^[6]。对待这种驳岸风景园林师必须整合水利专家、植物生态学家和众多相关的工程师们,集思广益,进行科学的构造设计^[7]。

3 合适的园林驳岸构造设计理论

园林驳岸不同于普通水工堤坝和防洪墙,因为它相对而言比水工堤坝和防洪墙缺少或减轻了防洪功能,使之具有更大的灵活性和机动性,同时又加强或增加了景观生态学和美学的特征,形成相互交叉而又相对独立的一种原理与方法。在众多的岸坡崩塌型式中,园林驳岸最容易发生的破坏现象是:驳岸倾覆、地基沉降和水平滑坡^[8]。因此,对于园林驳岸,解决好这3个问题基本能满足使用的要求。对于这三者的计算方法很多,尤其是水利行业总结出了很多计算方法,但都适用于大江大河的堤坝,用于园林驳岸则这些方法显得琐碎和繁琐,虽然吴为廉^[9]简化了计算的部分过程,但仍然繁琐。国外对园林驳岸有较早的研究,Munson^[10]曾于1974年对园林驳岸构造设计的科学计算进行了总结。经过笔者比较发现,该体系用于驳岸的计算既科学又快捷,尤其适合于园林驳岸的构造计算。鉴于国内未有人沿用,笔者特引进重力式园林驳岸稳定性验算方法作为参考。该方法建立的前提是忽略水对驳岸的压力,该方法在简化计算过程的同时,也提高了驳岸的稳定性。

3.1 稳定性验算

园林驳岸要稳定,首先要满足最基本的一个条件:作用在墙体上的所有力的合力 R 延长线与基础底面交于一点,而该点与墙踵 O 的距离应在 $1/6 \sim 1/3$ 的墙体高度范围内。经实践检验,不满足该

条件的所有驳岸都是处于随时倒塌的危险状态。该计算通过合力作图法即可以求得(图 1)。

3.2 抗倾覆验算

重力式园林驳岸发生倾覆现象的主要原因是土压力的力矩超过了墙体重力的力矩。因此,为避免发生倾覆现象,必须将二者大小进行比较。同时,由于土压力一年四季变化较大,因此,为增加安全性,特引入安全系数,即要求抵抗倾覆的力矩至少要大于倾覆力矩 2.0 倍。

3.3 沉降验算

墙体发生沉降的主要因素是墙体对地基的压力超过了地基土壤或岩石的承载力。墙体地基压力的计算公式为^[10]:

$$f = \frac{R_v}{A} \left(1 + \frac{6e}{d} \right)。$$

其中 f 为墙体对基础的压力, R_v 为垂直方向力的合力, A 为受力面积(一般为基础面积), e 为偏心距, d 为基础宽度。

求得的数值需要小于该处地基土壤或岩石的承载力,该驳岸才不会发生沉降。土壤或岩石的承载力可通过试验获得,但一般小型园林工程可以通过查表 1 获得。

3.4 抗水平滑坡验算

重力式园林驳岸发生水平滑坡现象的是由于水平向水面的推力大于反方向作用墙体的水平摩擦力引起的。因此为保证安全,水平方向的推力需要小于反方向的摩擦力,同时需引入安全系数 1.5,即摩擦力必须至少为水平方向推力的 1.5 倍。不同类型土壤和岩石的摩擦系数需通过试验方法求得,小型园林工程可以通过查表 2。

4 实例设计

实例中的园林驳岸工程是浙江林学院园林专业室外教学基地(以下简称“基地”)景观设计中的一部分。根据学校发展规划和浙江林学院园林学院本身教学的要求,准备在园林学院楼西侧的空地上建立园林专业室外教学基地,肩负园林专业室外教学的课程任务,而笔者有机会参与完成了驳岸工程施工图的设计任务。

4.1 园林驳岸工程设计分析

该项目驳岸设计时需要考虑的因素主要

有:“业主要求”和“场地现状”2 个方面因素。“业主要求”主要体现在业主建设该项目的目的性上。甲方目的非常明确——在满足园林专业室外教学需要的前提下,把基地建设成校园中的重要景

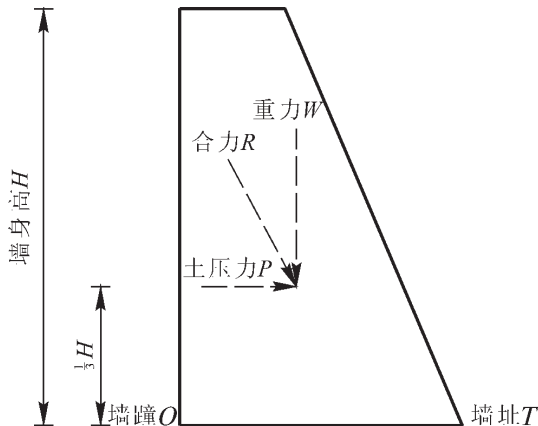


图 1 合力延长线做法图解

Figure 1 Illustration of the resultant method

表 1 土壤或岩石的承载力数值^[2]

Table 1 Approximate bearing capacities of various soils and rock

类型	平均承载力/(kg·cm ⁻²)
淤泥	0.5
软质土	1.0
硬土	2.0
湿砂	2.0
砂与黏土混合物	2.0
净干砂	3.0
极硬土	4.0
粗砂	4.0
砂砾	6.0
胶结砾石	8.0
页岩	10.0
中性岩	20.0
极硬岩石	80.0

表 2 土壤或岩石的摩擦系数数值^[2]

Table 2 Average coefficient of friction for concrete on various foundation beds

地基	摩擦系数
砾石	0.6
干黏土	0.5
砂	0.4
湿黏土	0.3

表 3 稳定性校核参数计算

Table 3 Parameter caculation of general stability

参数	重量/kN	力臂/m	力矩/(kN·m)
W_1	$2.500 \times 0.450 \times 22 \times 1.000^* = 24.750$	0.225	5.569
W_2	$0.500 \times 0.550 \times 2.500 \times 22 \times 1.000 = 15.125$	0.409	6.186
合计 W	39.875		11.755
	$11.755 \div 39.875 = 0.295 \text{ m}$	距离 O 点	
	$1 - 0.295 = 0.705 \text{ m}$	距离 T 点	
	$P = 0.286 \times WH/2 = 0.286 \times 18 \times 2.52/2 = 16.088 \text{ kN}$		

说明：取 1.000 m 为测算单体。

4.2.1 稳定性校核 见表 3。经图 3 图解，可以求得合力 R 的延长线与基础的交点距离 O 点的位置为 0.631 m，而 $1/6 \sim 1/3$ 的 H 范围为 0.417 ~ 0.833，0.631 在该范围内，稳定性校核通过。

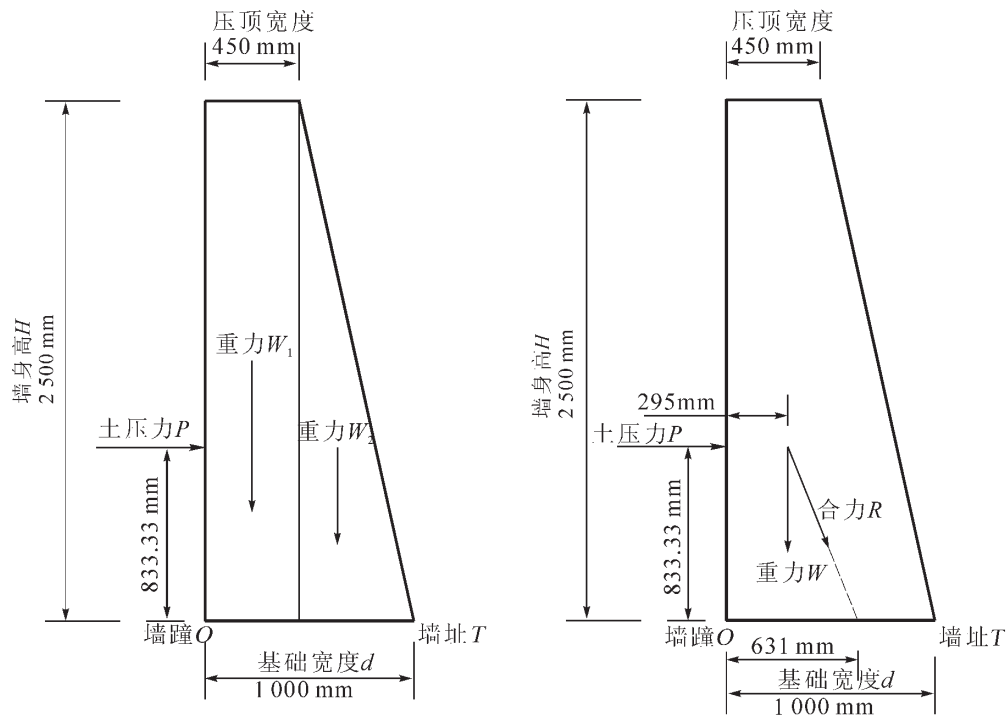


图 3 山石驳岸受力图解示意

Figure 3 Section showing the analysis of the loaded rock revetment

4.2.2 抗倾覆校核 倾覆力矩 $M = 16.088 \times 2.500/3 = 13.407 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ，抗倾覆力矩 $M' = 39.875 \times 0.705 = 28.110 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ，则：抗倾覆力矩/倾覆力矩 = $28.110/13.407 = 2.097 > \text{安全系数 } 2.000$ 。因此，抗倾覆校核通过。

4.2.3 抗沉降校核 按照 Munson 总结的公式 $f = \frac{R_v}{A} (1 + \frac{6e}{d})$ 计算，则 $f = \frac{39.875}{1} (1 + \frac{6 \times 0.205}{1}) = 88.920 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ 。同时砂砾基层承载力为 $6.00 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，即 $600 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} > 88.92 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ ，所以沉降校核也通过。

4.2.4 抗水平滑动校核 根据表 2，砂砾层摩擦系数 μ 为 0.6，因此，抗水平滑动摩擦力 $f' = W \times \mu = 39.875 \times 0.6 = 23.925 \text{ kN}$ 。则：抗水平滑动摩擦力/水平滑动推力 = $23.925/16.088 \approx 1.5$ ，符合安全系数 1.5 的要求。因此，重力式山石驳岸的构造设计符合要求，其最后设计结果如图 4 所示。

5 小结

园林驳岸构造设计研究是一个多学科交叉^[13]、涉及面庞杂的研究课题。本研究作为主要立足于风景园林学科领域的一次尝试,有些结论难免失之偏颇,或者不够深入。例如进行园林驳岸构造设计时,研究忽略水对墙体压力的影响,未把水压力计算在内;如何定量计算不同水生植物群落对水流情况的影响等等这些问题都未进行深入的探讨和研究。因此,只有更多学科的研究人员的介入和相互协作,才能使本研究的成果得到深化和成熟。

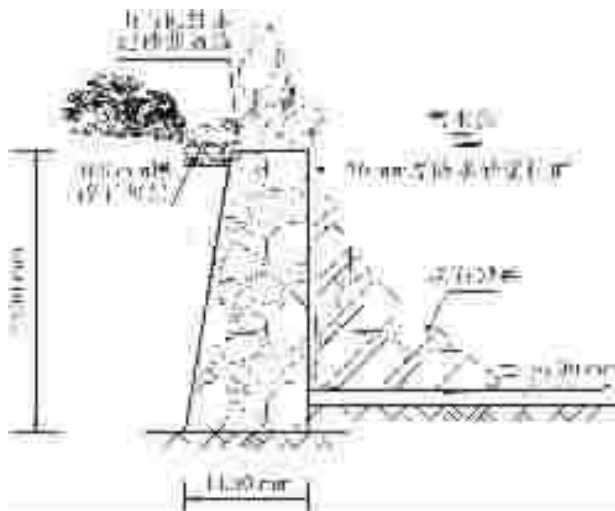


图4 山石驳岸构造示意

Figure 4 Section showing the construction of rock revetment

参考文献:

- [1] 田雨. 古典园林四大造园要素[J]. 城乡建设, 2006 (2): 40 - 42.
TIAN Yu. Four essential factors of classical Chinese gardening [J]. *Urban Rural Dev*, 2006 (2): 40 - 42.
- [2] 孟兆祯, 毛培林, 黄庆喜, 等. 园林工程[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [3] 周曦, 葛书红. 圆明园湖底防渗工程问题的思考[J]. 中国园林, 2005, 21 (11): 69 - 71.
ZHOU Xi, GE Shuhong. Studies on the waterproof engineering of the lake bottoms in Yuanmingyuan park [J]. *J Chin Landscape Archit*, 2005, 21 (11): 69 - 71.
- [4] 魏茂坤. 浅谈驳岸常见的质量问题 [EB/OL]. 2008-03-10. <http://www.9to.com/Article/Technique/qitagc/200701/11165.html>.
- [5] 刘滨谊, 周江. 论景观水系整治中的护岸规划设计[J]. 中国园林, 2004, 20 (1): 49 - 52.
LIU Binyi, ZHOU Jiang. Bank planning and design in renovation of watersystem of landscape [J]. *J Chin Landscape Archit*, 2004, 20 (1): 49 - 52.
- [6] HEMPHILL R W, BRAMIEY M E. 河渠护岸工程: 方案选择及设计导则[M]. 蔡雯, 江焘, 译. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
- [7] FRANCESCONI J, SANTNER Z, JORDAN C, et al. *Waterfront Park Master Plan* [R]. [s. l.]: EDAW, 2001.
- [8] 黄太华, 袁健. 关于重力式挡土墙截面尺寸确定方法的探讨[J]. 岩土工程技术, 2004, 18 (5): 242 - 245.
HUANG Taihua, Yuan Jian. Determination method for the size of cross section of self-weight type retaining wall [J]. *Geotech Eng Tech*, 2004, 18 (5): 242 - 245.
- [9] 吴为廉. 景园建筑工程规划与设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [10] MUNSON A E. *Construction Design for Landscape Architects* [M]. New York: McGraw-Hill Book Co., 1974.
- [11] THOMPSON J W. Retreading worn landscapes [J]. *Landscape Archit*, 2000, 5: 38 - 45.
- [12] 日本财团法人河道整治中心. 多自然型河流建设的施工方法及要点[M]. 周怀东, 译. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [13] 孟兆祯. 人与自然协调 科学与艺术交融——论风景园林规划与设计学科[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24 (5/6): 288 - 289.
MENG Zhaozhen. Harmony between man and nature, interaction of science and art [J]. *J Beijing For Univ*, 2002, 24 (5/6): 288 - 289.