

# 橡胶坝底板结构设计

戚新玉, 孙怡强, 梁一波, 魏明双  
(新乡市市政设计研究院, 河南新乡 453003)

**摘 要:**橡胶坝目前在我国发展迅速,在坝底板设计中对底板厚度和内力计算,各地差异较大。该文从实践出发,较详细地介绍了坝底板几何尺寸的确定方法和坝底板应力计算方法,提出了自己的设计思路。

**关键词:**橡胶坝; 底板; 底板几何尺寸; 应力计算

**中图分类号:**TV6 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)03-0042-02

## 0 前言

橡胶坝是20世纪50年代末,随着高分子合成材料工业的发展而出现的一种新型水工建筑物。采用高强度锦纶织物和特种橡胶复合制造,可以通过充排气体或水,随意调节坝体高度,便于蓄水或排洪。由于橡胶坝结构简单,投资少,使用期长,运行管理简便,目前已广泛应用于工农业生产、生态保护、城市美化等领域,为城乡水资源调控管理发挥积极作用。与水闸相比,橡胶坝结构简单,利用自然,又不破坏自然,有利于生态环境的保护。

## 1 坝底板的结构设计

《橡胶坝技术规范》(SL227-98)中对土建工程只进行了一般性规定,无具体的设计要求,各设计单位在进行坝底板设计中往往按照经验和《水闸设计规范》中的有关规定实施,各地差异较大。笔者在参阅大量施工图纸和有关文献资料的基础上,总结汇总以下设计思路:

### 1.1 坝底板几何尺寸的确定

#### 1.1.1 坝底板顺水流方向长度确定

按《橡胶坝技术规范》(SL227-98)中条文说明3.5.4条之规定,分单向坍落和双向坍落两种情况计算:

$$\text{当单向坍落时: } L_d = L + L_1 + L_2 + L_3 \quad (1)$$

$$\text{当双向坍落时: } L_d = L + L_1 + L_2 + 2L_3 \quad (2)$$

式中:  $L_d$ ——坝底板顺水流方向长度, m

$L$ ——坝袋底垫片有效长度, m

$L_1, L_2$ ——上、下游安全、检查通道,一般取0.5~1.0m

$L_3$ ——坝袋坍落贴地长度,  $L_3 = L_0/2 - L$ , m

$L_0$ ——坝袋有效周长, m

#### 1.1.2 坝底板厚度确定

坝底板厚度应根据地基土质、作用荷载等因素,在满足坝基础抗滑稳定、底板强度和刚度的条件下来确定,应同时满足管道布置和结构要求。在大中型水闸设计中,底板厚度通常取1.0~2.0m,最薄不得低于0.6m。与水闸相比,橡胶坝底板厚度可适当减小些,对有防冻或特殊要求的工程需适当加厚。

橡胶坝底板厚度可按下式初步估算:

$$d = \sqrt{\frac{KM_{\max}}{0.0045\sigma_s}} \quad (3)$$

式中:  $d$ ——坝底板估算厚度, m

$K$ ——安全系数,一般取1.8

$M_{\max}$ ——可能出现的最大弯矩, kNm

$\sigma_s$ ——钢筋屈服强度, kN/m

在日本规范里,是按照不因上托力作用而浮起的原则,来

确定底板的厚度的:

$$d \geq \frac{4}{3} \times \frac{U_{\text{px}} - W}{W_c - 1.0} \quad (4)$$

式中:  $U_{\text{px}}$ ——扬压力, kN

$W$ ——上部水重, kN

$W_c$ ——钢筋混凝土重度, kN/m<sup>3</sup>

### 1.2 坝底板应力计算

橡胶坝底板是整个橡胶坝结构的基础,是全面支撑在地基上的一块受力条件复杂的弹性基础板。这样的“结构—地基”体系,严格讲,应按空间问题分析其应力分布状况,计算极为繁冗,因此在工程实践中,往往近似地简化成平面问题,采用“截面法”或“弹性地基梁法”进行计算。

因橡胶坝底板和水闸底板的受力形式相类似,我们在进行橡胶坝底板设计时,可参照水闸规范中的有关规定实施。在水闸规范中“截面法”适用于相对密度  $D_r \leq 0.5$  的砂土地基,“弹性地基梁法”适用于相对密度  $D_r > 0.5$  的砂土地基和粘性土地基。

#### 1.2.1 截面法

“截面法”是假定橡胶坝地基反力按直线变化规律分布,即在顺水流方向按梯形分布,在垂直水流方向按矩形分布,不论荷载及其分布状态如何,也不管底板的刚度和地基土质如何,都可以按偏心受压考虑计算出地基反力。

计算坝底板地基反力的具体步骤如下:

(1)求坝底板上下游端的地基反力:

$$P_{\min}^{\max} = \frac{\sum G}{A} \pm \frac{\sum M}{W} \quad (5)$$

式中:  $P_{\min}^{\max}$ ——坝底板基底应力的最大值和最小值, kPa

$\sum G$ ——作用在坝底板上的全部竖向荷载(包括坝底板基础底面上的扬压力), kN

$\sum M$ ——作用在坝底板上的全部竖向荷载对于基础底面垂直于水流方向的形心轴的力矩, kNm

$A$ ——基础底面面积, m<sup>2</sup>

$W$ ——基础底面对于该底面垂直水流方向的形心轴的截面矩, m<sup>3</sup>

(2)求坝底板净反力:

以坝轴线为界,将底板分为上、下游两部分(见图1)。

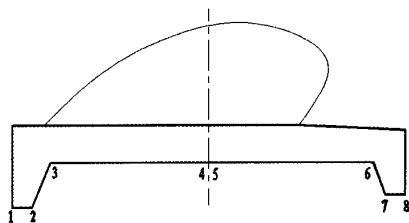


图1 底板地基反力计算示意图

收稿时间:2006-0407

作者简介:戚新玉(1971-),男,河南新乡人,工程硕士,副总工程师,从事道桥结构设计。

由于底板各点上的荷载强度不同,故须分别计算。底板净反力的加权平均值可按下式计算:

$$P_{\text{权}} = \frac{\sum P_i L_i}{\sum L_i} \quad (6)$$

式中:  $P_i$  分别为坝底板上各分段间的净反力平均值, kPa

$L_i$  分别为坝底板上各分段间的水平距离, m

### (3) 底板不平衡剪力的计算:

不平衡剪力是由于坝底板上的作用荷载与地基反力的分布不同, 当在板中心剖切后, 竖向荷载不能平衡所产生的。不平衡剪力可通过静力平衡求得。

### (4) 底板最大弯矩的计算:

在底板中心处取剖切体, 通过坝底板上的作用荷载与地基反力、不平衡剪力, 对坝底板端部取矩, 求得其跨中弯矩。

## 1.2.2 弹性地基梁法

### (1) 计算方法的确定

弹性地基梁法通常有两种假定: 一种是文克尔假定, 即假定地基单位面积上所承受的压力与该单位面积上的地基变形成正比; 另一种是假定地基为半无限大理想单元体, 认为土体应力和变形为线性关系, 利用弹性理论中半无限大弹性体的沉降公式计算地基的沉降, 然后根据地基挠度和地基变形协调一致的原则求得地基反力。

上述两种假定是两种极限情况, 前者适用于可压缩土层很薄的情况, 后者适用于可压缩土层厚度无限深的情况。而在实际工程中, 我们遇到的大部分情况往往介于两种情况之间, 如何考虑可压缩土层厚度的影响, 各种文献的意见不完全一致。水闸规范中规定当可压缩土层厚度与弹性地基梁半长之比小于 0.25 时, 按文克尔假定计算; 当其比值大于 2.0 时, 按半无限深的弹性地基梁法计算; 当其比值为 0.25~2.0 时, 按有限深的弹性地基梁法计算。

### (2) 底板自重的影响

在水闸规范中规定, 仅当作用在基底面上的均布荷载为负值时, 才计底板自重对其的影响, 而水闸底板和橡胶坝底板的埋置深度却有很大的区别。

水闸的闸室底板是挖埋式, 底板的自重远小于基坑开挖前的原压荷载。由底板自重引起的地基沉降是基坑开挖回弹后的再压缩, 属于弹性压缩, 弹性变形可在很短的时间完成, 所以在水闸底板的设计中不考虑自重的影响; 而对于橡胶坝来说, 坝底板是座于规划河床上的, 埋置深度并不深, 底板的自重一般小于基坑开挖前的原压荷载, 完全不考虑底板自重对底板应力的影响是不合适的, 应考虑多少需按实际情况确定。一般情况下, 底板自重引起的地基变形由以下三部分组成 (如图 2 所示):

图中  $\Delta 1$  为由混凝土凝固前坝底板自重所产生的地基弹性变形;  $\Delta 2$  为由混凝土凝固前坝底板自重所产生的地基塑性变形;  $\Delta 3$  为由混凝土凝固后坝底板自重所产生的地基塑

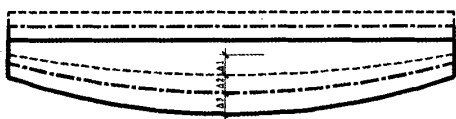


图 2 底板变形示意图

性变形。

由于橡胶坝是座于规划河床上的, 一般河道内总会淤积一定厚度的淤泥, 这些淤泥对河床下地基的长期作用, 使得地基产生了一定的压缩变形。基槽开挖后, 挖除淤泥和部分原状土, 压缩土体回弹, 当浇注底板混凝土后, 在混凝土未凝固前, 弹性变形已经完成 (即图 2 中的  $\Delta 1$ ), 并在混凝土凝固前产生一定的塑性变形 (即图 2 中的  $\Delta 2$ ), 在混凝土凝固后, 地基的变形就成了排水固结压缩, 这是个长期的过程 (即图 2 中的  $\Delta 3$ )。

$\Delta 1 \sim \Delta 2$  阶段底板的变形由于是在底板混凝土尚未凝固前产生的, 不会使底板钢筋产生拉应力, 所以在计算底板的内力时可仅考虑  $\Delta 3$  阶段的作用。而  $\Delta 3$  阶段的作用大小要根据地基土性质和基槽开挖深度来确定。

综上所述, 根据实践经验, 笔者建议在粘性土地基上, 可考虑底板自重的 30%~70%, 在砂性土地基上, 可考虑底板自重的 10%~50%。

### (3) 底板双向受力的问题

我们在用弹性地基梁的方法计算底板内力时, 往往是在顺水流方向切出一单元板条, 按地基梁来计算, 忽略了垂直水流方向板的内力分配问题, 而实际工程中我们每间隔 20~30m 总会在底板上设一道伸缩缝, 把底板分隔成若干个独立的单元, 其长宽相差不大, 在这种情况下, 忽略垂直水流方向的内力分配显然是不符合实际情况的。笔者建议按顺水流方向算出底板的内力后, 按两个方向的刚度比分配内力。

## 2 结束语

橡胶坝是一种造价低、工期短、耐久性强、抗震性能强、美化环境效果好的新坝型, 广泛应用于灌溉、发电、防洪、城市美化等方面。作为拦河坝, 可在枯水期充水成坝蓄水, 满足用水及美化环境的需求, 汛期排空坝内水, 坝坝过洪, 不影响河道行洪。既达到了灌溉用水和美化环境的目的, 同时又不降低原堤防的防洪标准, 社会效益经济效益非常显著, 随着我国城市化绿化美化进程的加快, 必将得到更广泛的应用。

### 参考文献

- [1] SL 227-98, 橡胶坝技术规范
- [2] SL 265-2001 水闸设计规范
- [3] 高本虎. 橡胶坝工程技术指南[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.
- [4] 陈宝华, 张世儒. 水闸[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.

