

土石坝不均匀沉降计算

沈永福

(国家电力公司成都勘测设计研究院, 四川 成都 610072)

摘要: 采用分期固结沉降的计算方法计算土石坝的不均匀沉降, 可以更准确地反应土石坝坝体的沉降分布。

关键词: 不均匀沉降; 分期固结; 分层总和法; 有限元计算

中图分类号: TV 22

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2000)增-0039-02

1 前言

正确地分析和计算土石坝沉降分布, 对于预测土石坝裂缝的位置及预防土石坝开裂有重要作用。土石坝沉降计算方法, 主要有分层总和法和有限元法, 这两种方法都不能准确反映土石坝的分期固结特性, 因而都不能全面地反映坝体的沉降分布。

2 土石坝土层的分期固结特性

土石坝土层的沉降在施工期和运行期具有明显不同的固结特点: 施工期各土层的固结是在受力条件不断随坝体升高而变化的情况下逐渐固结的, 而运行期各土层受力条件相对稳定; 施工期各土层无渗透水流作用, 而运行期的水流渗透将对土层的排水固结产生影响; 施工期未完成的固结沉降将在运行期得以继续, 但施工期各土层的沉降不受其他土层在本土层填筑前的沉降的影响, 而运行期各土层的沉降均会在其上覆土层沉降中产生累积效应, 所以, 施工期完成的固结度愈大, 则运行期的固结沉降就愈小。

由此可见, 土石坝在施工期、施工期各年度之间和运行期间, 各土层的受力条件和固结条件均大不相同, 故其沉降过程也就具有明显的分期特点。只有正确地反映这一特点, 才能准确地反映坝体的沉降分布特性。

3 分期固结沉降计算方法

根据上述土石坝的分期固结特点, 采用《碾压式土石坝设计规范 SDJ218-84》推荐的分层总和法, 依据固结沉降的基本概念, 可以计算坝体不同时期的沉降量。

将坝体自上而下分成几层进行计算, 则:

第 i 土层在施工期的沉降量为在其上覆土层及本土层荷重作用下, 本土层和其下伏土层在其后续施工期内的固结压缩量的和, 用公式表示如下:

第 i 土层在施工期的第 t 施工年度的沉降量为:

$$S_{it} = S_i U_{it} + \sum_{j=i+1}^n S_j U_{jt} \quad (1)$$

式中 S_i, S_j —— 为第 i, j 土层在第 i 土层及其上覆荷重作用下的压缩量;

U_{it}, U_{jt} —— 为第 i, j 土层在第 t 施工年度的固结度。

第 i 土层在运行期内的最终沉降为本土层及其下伏土层在运行期的荷重作用下完成施工期未完成的后续固结压缩量的和, 用公式表示如下:

$$S_i = \sum_{j=i}^n S_j (1 - U_{jtc}) \quad (2)$$

式中 t_c —— 为坝体竣工期(a);

其余符号类似同前。

各土层的压缩量和固结度计算可参阅文献[1]及其他资料, 本文不再赘述。

4 有限元计算方法

有限元计算目前采用最多的本构模型有弹塑性模型和邓肯——张双曲模型, 实际应用当中以后者最为常用。

有关有限元的计算公式和方法, 参考文献甚多, 本文不再赘述。

5 实例计算

某水库大坝为碎石土心墙堆石坝, 坝高 123 m, 心墙高 120 m。坝顶高程 244 m, 坝底高程 121 m。心墙顶宽 3 m, 上、下游坡 1:0.25。坝基为沙卵石覆盖, 最大深度 72 m。

主要计算参数见表 1 和表 2 及表 3。

表 1 主要计算参数表

土料	湿容重 γ_w	饱和容重 γ_s	压缩模量 E_s	渗透系数 K_s
	/10 kN · m ⁻³	/10 kN · m ⁻³	/MPa	/cm · s ⁻¹
堆石料	2.30	2.42	206	8.0 × 10 ⁻²
过渡料	2.20	2.32	150	5.0 × 10 ⁻²
反滤料	2.15	2.31	130	7.0 × 10 ⁻⁴
坝基覆盖层	/	2.32	133	1.79 × 10 ⁻²
心墙料	2.32	2.35	40	3.6 × 10 ⁻⁷

收稿日期: 1998-12-22

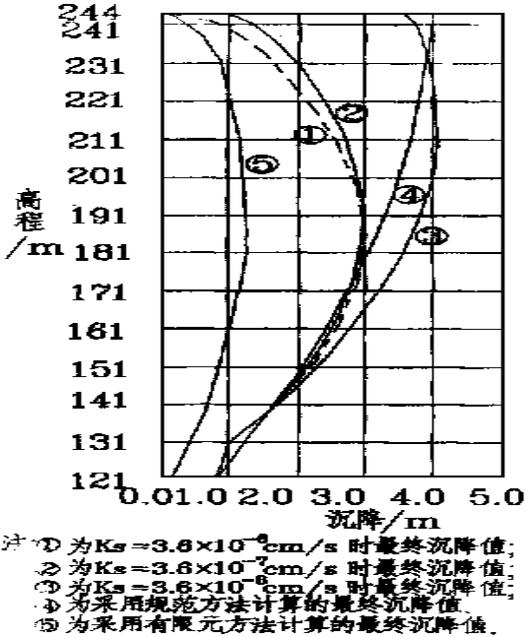
表 2 心墙碎石土压缩曲线表

应力 P /MPa	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.2
孔隙比 e	0.27	0.259	0.250	0.241	0.239	0.220

表 3 邓肯—张双曲模型计算参数表

土料	C /MPa	φ /度	R_f	K	n	D	G	F
堆石料	0	41	0.72	1000	0.5	5.0	0.32	0.06
过渡料	0	38	0.70	995	0.52	6.0	0.30	0.08
反滤料	0	33	0.62	800	0.52	7.0	0.34	0.08
心墙料	0.08	21.3	0.70	420	0.14	1.95	0.37	0.035
坝基覆盖层	0	39	0.78	940	0.11	5.6	0.245	0.02

本次计算假定坝体填筑工期为 5 年, 各年坝顶高程分别为: 第 1 年 131 m, 第 2 年 151 m, 第 3 年 179 m, 第 4 年 230 m, 第 5 年 244 m。计算分别采用笔者提出的分期固结沉降计算方法, 文献[1]的分层总和法, 平面有限元法进行比较计算。计算的主要成果见图 1 和图 2 所示。图 1 和图 2 为横剖面坝轴线上的沉降和固结度沿高程的分布图。

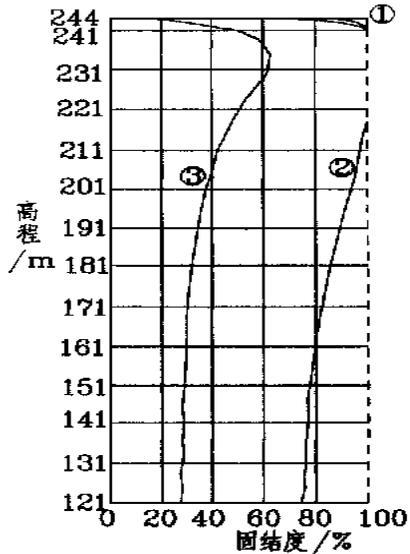


注: ①为 $K_s = 3.6 \times 10^{-6}$ cm/s 时最终沉降值; ②为 $K_s = 3.6 \times 10^{-7}$ cm/s 时最终沉降值; ③为 $K_s = 3.6 \times 10^{-8}$ cm/s 时最终沉降值; ④为采用规范方法计算的最终沉降值; ⑤为采用有限元方法计算的最终沉降值。

图 1 沉降沿高程分布图

从图 1 可看出, 本文方法与有限元方法所得的沉降分布趋势是一致的; 两种方法所得的最大沉降位于坝体中部, 符合实际情况; 从图 1 还可以看出, 文献[1]的分层总和法所得的最大沉降值位于坝顶, 明显不能反映坝体各土层的受力固结特点; 由图 1 和图 2 可知, 随着心墙的渗透系数逐渐减弱, 坝顶的最终沉降逐渐加大, 而坝体竣工时的固结度不断减少; 这说明坝体在施工期的固结程度将决定坝顶的最终沉降值。

心墙的沉降比坝壳的沉降大, 可能引起较强的



注: ①为 $K_s = 3.6 \times 10^{-6}$ cm/s 时竣工期的固结度; ②为 $K_s = 3.6 \times 10^{-7}$ cm/s 时竣工期的固结度; ③为 $K_s = 3.6 \times 10^{-8}$ cm/s 时竣工期的固结度

注: $K_s = 3.6 \times 10^{-6}$ cm/s; $K_s = 3.6 \times 10^{-7}$ cm/s; $K_s = 3.6 \times 10^{-8}$ cm/s 时各竣工期的固结度。

图 2 固结度沿高程分布图

拱效应; 左右坝肩的沉降明显小于河床中央的沉降, 将可能导致坝肩开裂。

为减少不均匀沉降的影响, 建议进一步改善过渡料的力学特性, 以减少心墙与堆石间的沉降差; 建议左右坝肩采用塑性相对于河床中部坝体较高的土料, 或者是提前施工河床中央的坝体使其先期固结, 以减少坝肩与中央的沉降差; 从而预防坝体开裂。

6 结语

本文提出的分期固结沉降计算方法, 较为真实地反应了坝体的固结沉降过程, 对于正确评价坝体沉降的不均匀性, 具有一定的实用性。

从实例计算成果中也不难看出, 本文方法所得的坝体沉降分布规律更符合实际情况。由于坝体土层施工期的固结度将决定坝体的最终沉降分布, 所以, 我们可以通过改善施工期的固结条件, 如减薄心墙, 增加反滤和过渡层的透水性, 增加心墙的渗透排水性能等措施, 以提高施工期的固结度, 从而减小运行期的沉降量, 减少沉降的不均匀性。

影响坝体土层的固结沉降的因素很多, 本文仅就单向压缩固结的分期特点作了些探讨, 尚有许多不完善之处。

参考文献

[1] 中华人民共和国水利电力部 碾压式土石坝设计规范[S]. SDJ218-84 北京: 水利电力出版社, 1985

作者简介

沈永福(1966年-), 男, 湖北麻城人, 国家电力公司成都勘测设计研究院高级工程师, 从事水工设计工作