

文章编号:1673-9469(2010)02-0038-04

沥青混凝土心墙坝防渗墙材料配比优化

张波

(陕西理工学院 土木工程与建筑系,陕西 汉中 723001)

摘要:采用 Duncan - Chang 非线性模型对下坂地深覆盖层沥青混凝土心墙坝进行了三维有限元分析,并着重对防渗墙的应力变形进行了分析研究,针对施工过程中防渗墙九种不同的材料级配方案,给出了大坝竣工期、水库蓄水期防渗墙应力和位移随墙体参数变化的规律;优化选择合适的墙体材料配比,为防渗墙墙体的选择提供了理论依据。

关键词:沥青心墙坝;深覆盖层;防渗墙;材料配比优化

中图分类号:TV431

文献标识码:A

Optimization of material mix proportion for the asphalt concrete core dam prevention wall

ZHANG Bo

(Department of Civil Engineering & Architecture, Shanxi University of Technology, Shanxi Hanzhong 723001, China)

Abstract: The Duncan - Chang nonlinear constitutive model is used to carry out a 3 - D finite element analysis for the Xiabandi asphalt concrete core rockfill dam with deep overburden (147.95m). In the study, the characteristics of stress and displacement in the seepage prevention wall with deep overburden were analyzed, and the rule of stress and displacement change in the seepage prevention wall during engineering completion and water impounding operation period according to eight kinds of characteristic parameters change were given. As well, the paper provided reference for material selection of the seepage prevention wall.

Key words: asphalt concrete core dam; deep overburden; seepage prevention wall; optimization of material mix proportion

下坂地堆石坝位于新疆喀什地区塔什库尔干河中下游峡谷段的塔什库尔干县下坂地乡附近,是以生态补水和春季供水为主的一等大(II)型工程。设计最大坝高81m,该坝最大特点是河床覆盖层深度最大为147.95m,主要为冰碛层(含漂石、卵石等),并夹有砂层透镜体及淤泥质粘土层。冰碛层及漂石含卵石层属中强透水性,砂层透镜体分布于坝基内两侧,顺河方向长360m,宽170m,埋藏深度达31.47m,最大厚度43.70m。

迄今为止,深覆盖层坝基对大坝安全的影响及防渗问题的处理,国内外相关文献资料很少,且已有资料所涉及到的深覆盖层均未超过坝体总高度的2/3,而下坂地堆石坝深覆盖层坝基深度已约为坝体总高度的两倍,对深覆盖层坝基的防渗处

理成为该坝设计的关键,故此,本文根据沥青心墙垂直防渗方案,对该坝进行了三维有限元应力位移分析,并着重对深覆盖层防渗墙的变形和应力水平进行了分析,考虑到实际施工过程中防渗墙的材料配比问题,本文在防渗墙9种不同材料配比下的应力变形进行了分析,给出了其应力及变形的发展规律,优化选择了合适的墙体材料配比。

1 非线性本构模型与计算方法

1.1 本构模型

坝体由心墙的碎石粘性土、沥青混凝土、坝壳的堆石料、过渡料、坝基的冰碛层、粉细砂、粘软

表 1 坝体材料的静力特性计算参数
Tab.1 Static characteristic calculating parameter of different materials

坝体材料	K	n	R_f	C/Pa	$\Phi/(\circ)$	G	F	D	γ $/(kN \cdot m^{-3})$	γ_{sat} $/(kN \cdot m^{-3})$
沥青心墙	280	0.710	0.658	659 500	17.82	0.448	0.009	2.15	24.13	24.13
砂层	90	0.750	0.600	10 000	34.0	0.330	0.09	4.0	17.60	20.00
坝壳料	1 200	0.500	0.750	14 000	38.0/40	0.370	0.12	12.0	21.30	23.10
冰磧层	1 500	0.500	0.750	20 000	44.0	0.410	0.12	12.0	22.60	23.80
软粘土	50	0.750	0.650	16 000	17.0	0.350	0.145	3.0	18.20	19.30
截渗墙混凝土	$E = 2\ 000\ 000\ kPa, \mu = 0.26, C = 200\ kPa, \Phi = 43.0^\circ$								26.50	26.50
防渗帷幕	$E = 2\ 000\ 000\ kPa, \mu = 0.26, C = 200\ kPa, \Phi = 43.0^\circ$								26.50	26.50
基岩	$E = 2\ 000\ 000\ kPa, \mu = 0.26, C = 200\ kPa, \Phi = 43.0^\circ$								26.50	26.50

土、截渗墙混凝土、帷幕以及坝基坝肩的岩石等共 10 种材料。计算中必须对它们的静力学特性参数正确确定,本文采用 Duncan - Chang 非线性模型进行计算。该模型的基本参数为切线模量 E_t 和切线泊松比 μ_t , 即

$$E_t = \left[1 - \frac{R_f(1 - \sin\varphi)(\sigma_1 - \sigma_3)}{2C\cos\varphi + 2\sigma_3\sin\varphi} \right]^2 KP_a \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^n$$

$$\mu_t = \frac{G - F \log\left(\frac{\sigma_3}{P_a}\right)}{(1 - A)^2}$$

$$A = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)D}{KP_a \left(\frac{\sigma_3}{P_a}\right)^n \left(1 - \frac{R_f(1 - \sin\varphi)(\sigma_1 - \sigma_3)}{2C\cos\varphi + 2\sigma_3\sin\varphi}\right)}$$

式中 P_a —大气压力; K 、 n 、 R_f 、 C 、 φ 、 G 、 F 、 D —Duncan - Chang 模型八个非线性应力应变参数(表 1),可由三轴试验来确定。

1.2 建模及单元划分

为模拟坝体及坝基的真实工况,较精确地计算坝体应力与变形,在建模中对坝基部分在河流上下游方向进行了适当延伸。模型的约束,在上下游端部为自由约束,左右侧沿坝轴线约束,底部为全约束。在坝两端和基岩之间增加了接触单元,以模拟二者之间的接触特性。同时,求解过程考虑了坝基的初始地应力,较好地模拟了大坝施工过程中的应力与变形情况。

计算中对坝的实体模型用四面体单元进行有限元离散,单元总数为 30 496,节点总数为 6 706。网格划分如图 1 所示。

1.3 接触及初始地应力的处理

在凝聚力 C 差别较大的两种材料间设置了接触单元,以模拟二者的接触特性。由于坝基覆盖层的厚度为坝体总高度的两倍还要多,因而求解时由覆盖层所引起的有关位移及应力对坝体和坝基安全具有重大影响。在诸多因素中,覆盖层因其早已完成固结沉降而引起的初始地应力影响最大,如何对初始地应力进行处理是能否正确解决这类问题的关键。要在求解过程中包含初始地应力,必须在没有坝体的情况下计算出覆盖层的应力大小并将其作为初始地应力,这里采用生死单元技术,即在求解过程中先不考虑坝体单元,对地基部分进行求解,将该结果作为初始地应力并写出初始地应力文件,包含坝体单元并读入初始地应力文件进行再次求解。为更好地模拟施工过程,将坝体部分分为多级加载进行了求解。

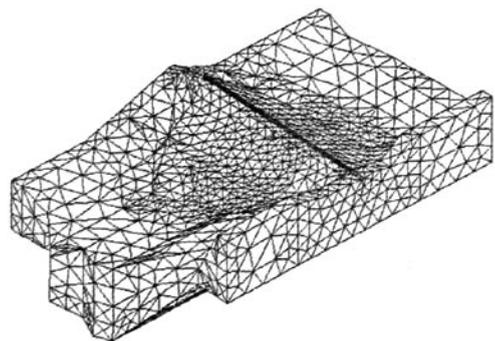


图 1 有限元划分网格图

Fig.1 The finite element discretization of dam

2 材料级配对位移和应力的影响

下坂地水库大坝基础混凝土防渗墙和帷幕深度达 147.95m, 墙体应力比较复杂, 墙体材料的弹性模量对墙体应力和变位有显著的影响, 为配合防渗墙施工现场试验中防渗墙混凝土配合比试验, 主要研究大坝施工填筑竣工期、水库蓄水运行期防渗墙的应力和变形随模量的变化而变化的规律性(图 2—图 5), 为防渗墙施工的现场试验的设计提供可靠的依据。

由于防渗墙嵌入在基础之中, 各个方案的水平位移较小, 竖向最大位移发生在防渗墙上部, 防渗墙应力水平均偏低; 然而由计算结果显示, 由于坝基内含有砂层, 在防渗墙上与砂层结合部分偏上处, 竖直正应力 σ_y 最大。由计算结果表 2 和图

2 可知, 在竣工期防渗墙中的最大竖向应力随混凝土弹性模量的增加而增大, 竖向最大应力由弹性模量为 267MPa 所对应的 6.05MPa 增大到弹性模量为 30 000MPa 所对应的 29.6MPa。从应力随弹性模量变化曲线可知, 弹性模量小于 5 000MPa 时, 竖向最大应力随模量的增加而增大很快, 而当弹性模量大于 5 000MPa 时, 竖向最大应力随弹性模量的增大而缓慢增加。从竖向最大位移随弹性模量变化曲线可知, 弹性模量小于 5 000MPa 时, 竖向最大位移随模量的增加而降低很快, 而当弹性模量大于 5 000MPa 时, 竖向最大位移随弹性模量的增大而缓慢降低。与竣工期相比, 由于水载荷作用, 竖向位移有所减少。计算结果表 2 可知, 在蓄水期防渗墙的最大竖向应力与竖向最大位移随弹性模量的变化有和竣工期同样的规律性。防渗墙

表 2 防渗墙最大应力、位移计算结果表

Tab.2 Maximum stress and displacement of seepage prevention wall

方案	弹性模量 /MPa	泊松比	竖向应力 $\sigma_{y,max}$ /MPa		竖向位移 $u_{y,max}$ /m	
			竣工期	蓄水期	竣工期	蓄水期
1	260	0.30	6.05	6.88	0.685	0.638
2	370	0.29	7.48	7.62	0.588	0.612
3	450	0.28	7.87	8.12	0.579	0.524
4	800	0.27	9.92	9.88	0.53	0.493
5	2 000	0.26	14.2	15.2	0.432	0.392
6	4 000	0.25	17.8	18.1	0.322	0.320
7	15 000	0.24	24.8	23.2	0.178	0.158
8	25 000	0.23	28.9	27.2	0.124	0.108
9	30 000	0.22	29.6	29.2	0.108	0.106

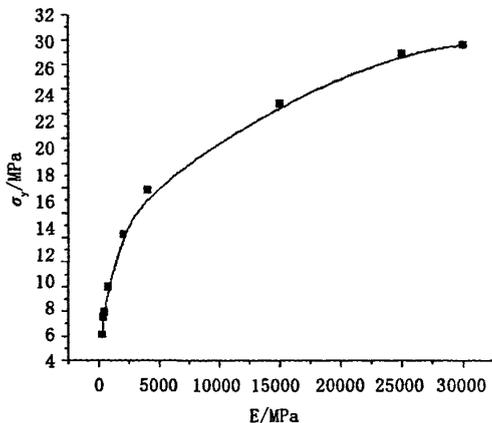


图2 竖向最大应力随E的变化曲线图(竣工期)

Fig.2 The vertical maximum stress variation curve curve graph with E(engineering completion period)

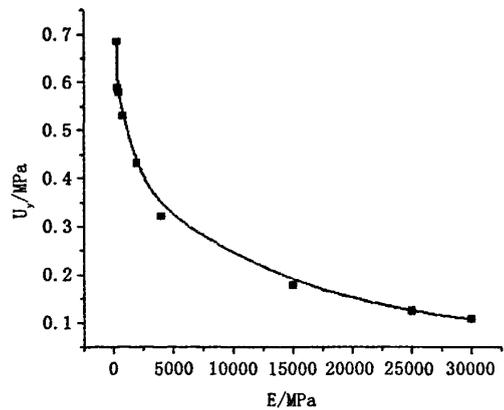


图3 竖向最大位移随E的变化曲线(竣工期)

Fig.3 The vertical maximum displacement variation graph with E(engineering completion period)

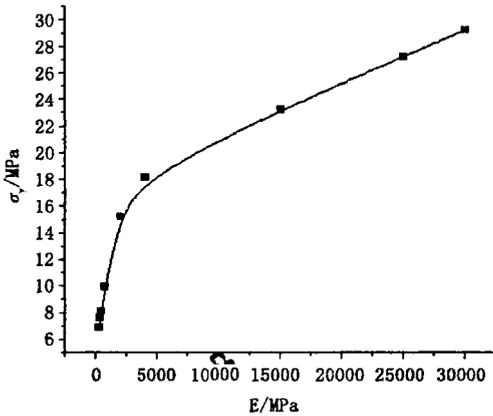


图4 竖向最大应力随E的变化曲线(蓄水期)

Fig. 4 The vertical maximum stress variation curve graph with E (water impounding operation period)

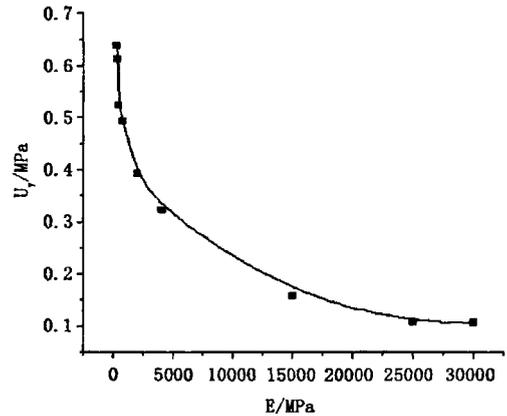


图5 竖向最大位移随E的变化曲线(蓄水期)

Fig. 5 The vertical maximum displacement variation with E (water impounding operation period)

中的最大竖向应力随混凝土弹性模量的增加而增大,竖向最大应力由弹性模量为 267MPa 所对应的 6.88MPa 增大到弹性模量为 30 000MPa 所对应的 29.2MPa。蓄水期的竖向最大应力相对竣工期相比,在弹性模量较大时,与竣工期相比有所减小,在弹性模量较小时,与竣工期相比有所增大。蓄水期的竖向最大位移相对竣工期相比有所降低,这是由于蓄水后土体的有效重量减小所引起的。

综合考虑防渗墙应力、变形等各种因素,防渗墙材料最佳配比时的弹性模量应选 4 000MPa 左右。

3 结语

在深覆盖层大坝的分析中,应正确施加初始地应力,处理防渗墙与坝基材料的接触特性。本文根据试验提供的 9 组参数分别对防渗墙进行了计算,在综合考虑防渗墙应力、变形等各种因素,防渗墙

材料最佳配比时的弹性模量应选 4 000MPa 左右。为防渗墙墙体材料的选择提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 顾淦臣. 土石坝地震工程[M]. 天津:河海大学出版社, 1989.
- [2] 李永红, 王晓东. 冷勒沥青混凝土心墙堆石坝抗震设计[J]. 水电站设计, 2004, 20(2): 40-45.
- [3] 邴能惠, 米占宽. 冷勒水电站超深覆盖层防渗墙应力变形性状的数值分析[J]. 水利水运工程学报, 2004 (1): 18-23.
- [4] 王 赟, 张 波. 下板地堆石坝深覆盖层沥青混凝土防渗心墙应力应变分析[J]. 大坝与安全, 2008(6): 44-47.
- [5] SEDAT T. Treatment of the seepage problems at the Kalecik Dam (Turkey) [J]. Engineering Geology, 2003, 68(3-4): 159-169.

(责任编辑 刘存英)