

硕士学位 论文摘要汇编



THE COLLECTION
OF ABSTRACTS FROM
THESES FOR MASTER'S DEGREE
1989



郑 州 工 学 院

前 言

为了总结学位工作经验和进行学术交流，使我院所授的学位能得到同行监督，以便保证学位授予质量，充分发挥学位论文的作用，不断改进学位授予工作，提高学位工作管理水平。现将我院一九八九年授予硕士学位（包括在外单位获得学位者）的论文汇编成册，赠给贵单位。

本册摘要按学科、专业目录顺序编排，共收编本年度硕士学位论文 57 篇，供评阅，敬请指导，并祷求将您所提出的宝贵意见寄郑州工学院研究生科。对此，我们深表感谢。

郑州工学院学位评定委员会办公室

一九八九年十二月十日

目 录

1. 坝踵裂缝和坝基对重力坝动力特性影响的特解边界元分析 李宗坤(1)
2. 蒙特卡罗边界法及重力坝可靠度分析 董跃星(7)
3. 动水压力计算的广义边界元法及坝水耦振分析 石明生(13)
4. 调压室性能研究 马跃先(22)
5. 集中荷载下无腹筋钢筋混凝土四边简支整浇双向板抗剪性能试验研究 韩菊红(26)
6. 有腹筋钢筋混凝土短梁抗剪强度的试验研究 李平先(33)
7. 模糊优属度多目标优化模型及其在经济区水资源优化分配的应用 刘晨光(38)
8. 平原闸闸下水跃型态及海漫长度研究 吴建平(52)
9. 合金元素钛及铈对 Al-Si 合金急冷组织的影响 邵国胜(57)
10. 预处理及成份对熔体急冷合金表面及催化性能的影响 ... 吴智信(61)
11. 45MnSiV 预应力钢筋的应力腐蚀研究 杜习伟(67)
12. Ni-P 化学镀层对 304 钢 SCC 的影响 张勇升(73)
13. 单片机铸铁化学成分球化率测试装置的研制 李立新(78)
14. 输送式振动落砂机系列及参数优化设计 谢志强(81)
15. 铸件凝固过程数值模拟—铸件/铸型通用热交换条件的研究 黄照华(86)
16. 锰—硼抗磨白口铸铁的研究 孙玉福(91)
17. 简支叠合板组合梁受力性能和承载力的研究 王聚厚(95)
18. 空心砖砌体框支墙梁在均布荷载作用下受力性能和承载力的研究 吴承霞(100)
19. 方钢管长柱在轴心荷载作用下的试验研究 罗 力(105)
20. 侧锚组合梁正截面抗弯强度及性能的试验研究 柏贵之(112)

21. 民用建筑工程造价快速估算方法研究 申金山(117)
22. 劲性钢筋混凝土 T 型截面简支梁受力性能、承载力及抗裂
的研究 吕凌风(123)
23. 广义可靠度的一次二阶矩法及在钢纤维混凝土抗弯强度分
析中的应用 厉 勉(128)
24. 钢筋混凝土造粒塔结构优化设计 郭院成(133)
25. 钢筋混凝土梯形截面桁梁桥侧倾稳定性研究 周建春(138)
26. 建筑设计与城市空间的领域化 田银生(145)
27. 托幼建筑环境设计 郝洛西(149)
28. 中国新型步行商业街的系统化设计与方法 刘 兴(153)
29. 双光束、夹层、载波散斑干涉法及其在断裂力学中的应用
..... 原 方(158)
30. 十字焊接接头的疲劳强度研究与裂纹扩展寿命估算 朱安国(164)
31. 摄动有限元方法在结构动特性灵敏度分析中的应用 郝 伟(169)
32. X 型静态混合元件强化单相粘性液体传热的研究 田 慧(175)
33. 用 Kenics 型静态混合器回收工业废水中氧化乐果的实验研究
..... 刘克让(180)
34. 切削加工陶瓷材料的研究 房汝建(186)
35. 新型硬质合金加工耐热合金钢的研究 陈德洪(191)
36. 车削颤振过程的数值模拟及其预兆特征研究 张琳娜(196)
37. 化工回转机械故障诊断—复倒谱在不对中不平衡诊断中的
应用研究 张锁龙(204)
38. 气液两相垂直上升管流弹状流数学模型 张浩勤(209)
39. 国产铁铬系中变催化剂的还原及还原动力学研究 宋怀俊(214)
40. 乙醇—水气相吸附过程的研究 秦统福(222)
41. 汽车尾气中一氧化碳—氧化氮脱除反应动力学研究 乔荣山(227)
42. 色谱交点规律在多相催化研究中的应用 徐 军(232)

43. 渣油催化裂化结焦失活规律的研究 孟繁东(238)
44. 用动力学方法评价一氧化碳助燃剂的催化活性 司昌龙(243)
45. 在 ZSM-5 分子筛催化剂上苯与乙醇合成乙苯的最佳工艺
条件及其动力学模型 胡红嫣(248)
46. 反相液相色谱中同系物保留值规律的研究 杨长生(256)
47. 长效包裹型复合肥料养分释放机理及传递模型 胡云才(262)
48. 磷肥微观决策支持系统钙镁磷肥子系统总体设计 华义祥(268)
49. HgCl_2 —活性炭催化剂活性组分流失规律 王洪娟(273)
50. 柔性转子振动的主动控制 时 斌(280)
51. 透平压缩机组故障诊断专家系统的研究 关惠玲(284)
52. 计入轴瓦弹性变形的圆锥动静压轴承静态性能分析 禹艳萍(290)
53. 高速锥形浅腔动静压浮环轴承的静态性能和动态稳定性研究
..... 王云根(295)
54. 渐开线少齿差行星传动接触齿数和齿轮承载能力计算机辅
助分析 李 涛(300)
55. 电气铁道不平衡负荷对发电机负序电流保护影响的仿真分析
..... 伍征团(304)
56. 系统的模糊辨识以及一种控制、优化方法 孔金生(309)
57. 模型辨识与自适应控制及其在航空飞行加热器上的应用
..... 郑秋生(314)

坝踵裂缝和坝基对重力坝动力特性影响的特解边界元分析

研究生: 李宗坤

指导教师: 周鸿钧教授

水工结构工程专业

摘 要

本文引入特解边界元法。通过了对动力方程中惯性力项的处理,把域内积分化为对边界上的积分,从而使动力问题化为类似静力问题进行求解,大大简化了计算过程。本文还利用这种方法,求解了各种不同坝高重力坝的自振特性,同时考虑了坝与地基不同弹模对自振特性的影响,并确定了较适合于边界元法计算的地基影响范围。根据边界法的耦合理论及“缝合法”原理,较真实地模拟了裂缝的存在,用小单元较好地解决了缝端的奇异性,并分析了坝踵裂缝和缝长变化对重力坝动力特性的影响,建议在计算自振特性时考虑裂缝影响的缝长范围。用 Fortran 语言编制了程序,并对刚性地基上重力坝的自振特性进行了计算,结果表明特解边界元法的精度是令人满意的。文末还对所研究的问题及方法本身需要进一步研究的问题及其发展方向提出了自己的看法。

一、概 述

我国是一个多地震的国家。如何确保工程和人民生命财产在地震时的安全,是工程建设中的重要问题。尤其象水工建筑这样一类一旦在地震袭击下遭到破坏,将带来难以估量的经济损失和人身伤亡的结构物来说,进行正确的动力设计,提高结构物的抗震能力,是具有极其重要的意义的研究课题。到目前为止,对有缝重力坝的动力研究还不是很多,尤其是坝踵裂缝的动特性研究的文献更少。因此,能对这项工作作一探讨,也是颇有价值的。本文就弹性地基和坝踵裂缝对重力坝动特性的影响作了分析。

目前求解连续结构动力问题的近似方法,以有限元法为代表的变分法在工程中应用极为广泛,但有限元法存在着数据准备量大,费用高等问题,特别是复杂结构带有各种裂缝缺陷时,问题就更加突出。近几年来,新发展起来的边界元法,由于具有降维,数据准备简单,省机时,特别是应力集中问题,无限域问题,线弹性断裂力学问题处理时,都比有限元法更为经济和有效。动力边界元法大体上可分为两种,一种是“行列式搜索法”,一种是“域内积分转化法”。前者经过离散处理后,所得特征方程中含有 ω 的复数形式,计算工作量大,且自振频率间隔很近时,可能给不出正确的结果。后一种方法中内部位移的近似形式基于一个相当特定的条件,位移矢量和应力矢量相当难找,尚有高阶频率精度低的缺点。本文将采用一种新方法——称为“特解边界元法”,并把这种方法应用于双区域动态耦合,从而解决本文所研究的工程问题。

二、动态特解边界元法原理简介

本文所研究问题对应的微分方程为:

$$L(U_i) + \rho\omega^2 U_i = 0 \quad (2-1)$$

边界条件: $\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2$

$$\begin{cases} U_i(x) = 0, & x \in \Gamma_1 \\ t_i(x) = 0, & x \in \Gamma_2 \end{cases} \quad (2-2)$$

根据微分方程理论, 方程(2-1)可以写成:

$$L(U_i^c) = 0 \quad (2-3)$$

$$L(U_i^p) + \rho\omega^2 u_i = 0 \quad (2-4)$$

其中: U_i^p 是方程(2-1)的特解, U_i^c 是对应齐次方程的通解。

方程(2-4)中第一项可直接化对边界的积分, 然而, 第二项中仍含有域内的未知数 U_i , 为了把它化为在边界上积分, 我们采用一个虚构矢量函数 Φ 和一个待定参数 C 的组合来近似处理。

$$U_i(x) = \sum_{m=1}^{\infty} C_{ik}(x, \varepsilon^m) \cdot \Phi_k(\varepsilon^m) \quad (2-5)$$

这样就可以利用边界元公式直接在边界上积分, 再根据关系式

$$\begin{cases} u_i = u_i^c + u_i^p \\ t_i = t_i^c + t_i^p \end{cases} \quad (2-6)$$

可得最后的动力方程为:

$$[G]\{t\} - [F]\{u\} = \omega^2 ([G][T] - [F][D])[K]\{u\} \quad (2-7)$$

简写成:

$$[G]\{t\} - [F]\{u\} = \omega^2 [M]\{u\} \quad (2-8)$$

将上式中已知项和未知项进行分离, 并引入边界条件(2-2)得:

$$[A]\{x\} = \omega^2 [\bar{M}]\{x\} \quad (2-9)$$

三、区域的动态耦合技术

我们把方程(2-8)分别对区域 I 和 II 写成块状矩阵

$$[\tilde{G}^1 \quad \tilde{G}_a^1] \begin{bmatrix} \tilde{t}^1 \\ \tilde{t}_a^1 \end{bmatrix} - [\tilde{F}^1 \quad \tilde{F}_a^1] \begin{bmatrix} \tilde{u}^1 \\ \tilde{u}_a^1 \end{bmatrix} = \omega^2 [\tilde{M}^1 \quad \tilde{M}_a^1] \begin{bmatrix} \tilde{u}^1 \\ \tilde{u}_a^1 \end{bmatrix} \quad (3-1)$$

$$[\tilde{G}^2 \quad \tilde{G}_a^2] \begin{bmatrix} \tilde{t}^2 \\ \tilde{t}_a^2 \end{bmatrix} - [\tilde{F}^2 \quad \tilde{F}_a^2] \begin{bmatrix} \tilde{u}^2 \\ \tilde{u}_a^2 \end{bmatrix} = \omega^2 [\tilde{M}^2 \quad \tilde{M}_a^2] \begin{bmatrix} \tilde{u}^2 \\ \tilde{u}_a^2 \end{bmatrix} \quad (3-2)$$

在交界面上满足连续条件:

$$\begin{cases} \tilde{u}_a = \tilde{u}_a^1 = \tilde{u}_a^2 \\ \tilde{t}_a = \tilde{t}_a^2 = -\tilde{t}_a^1 \end{cases} \quad (3-3)$$

由关系式(3-3), 并根据矩阵运算法则, 可把(3-1)和(3-2)式合并在一起:

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} \tilde{G}^1 & 0 & -\tilde{G}_a^1 \\ 0 & \tilde{G}^2 & \tilde{G}_a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{t}_a^1 \\ \tilde{t}_a^2 \\ \tilde{t}_a \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \tilde{F}^1 & 0 & \tilde{F}_a^1 \\ 0 & \tilde{F}^2 & \tilde{F}_a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{u}_a^1 \\ \tilde{u}_a^2 \\ \tilde{u}_a \end{bmatrix} \\ &= \omega^2 \begin{bmatrix} \tilde{M}^1 & 0 & \tilde{M}_a^1 \\ 0 & \tilde{M}^2 & \tilde{M}_a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{u}_a^1 \\ \tilde{u}_a^2 \\ \tilde{u}_a \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3-4)$$

将方程(3-4)中已知和未知项进行分离, 并引入边界条件便可得到最后的特征方程为:

$$[A]\{x\} = \omega^2 [M]\{x\} \quad (3-5)$$

四、弹性地基与坝体几何尺寸对重力坝动力特性的影响

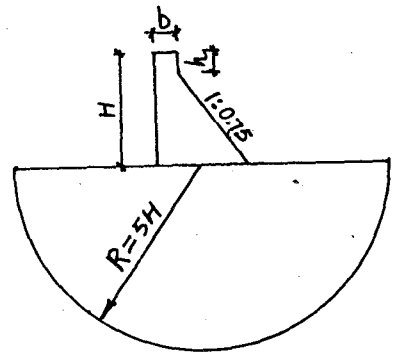
1. 计算中不考虑地基的质量, 即只考虑地基的弹性, 而不考虑地基的惯性。地基范围取五倍的坝高, 计算简图如下:

我们选用一组不同的坝与地基弹模比 $E_0/E_R = 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 100$ 分别在不同坝高 $H = 100, 125, 150, 175, 200, 250$ 米情况下, 计算出坝的自振频率, 其结果见图 4-2。

从图中可以看出, 考虑弹性地基后自振频率降低, 取地基与坝体同弹模时, 第一阶频率降低 32.9%, 而且地基愈软, 坝的自振频率愈低, 随坝高增加频率呈降低趋势。

2. 坝体几何形状对自振频率的影响:

我们对坝上游面直立, 改变下游坝坡的情况进行了计算, 结果表明, 随坝坡的增加, 频率呈上升趋势, 但这种影响不是太大。

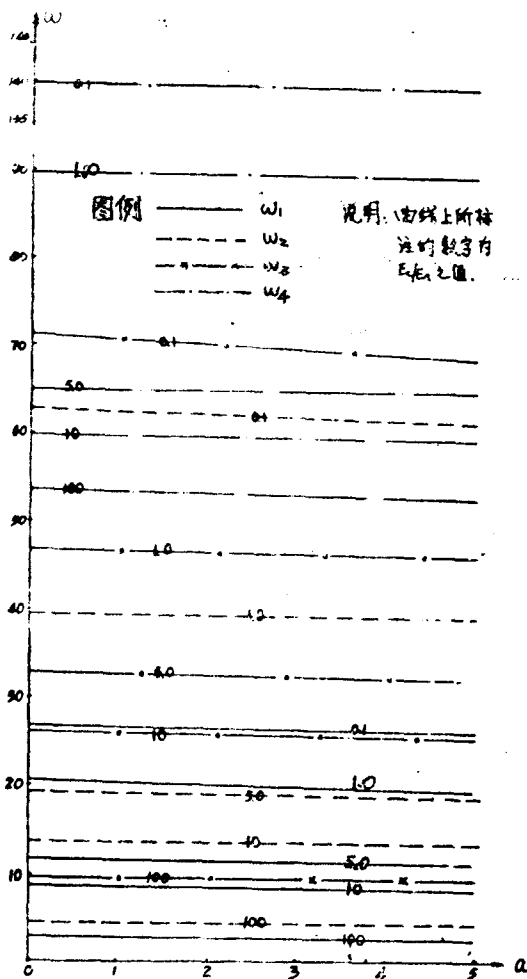
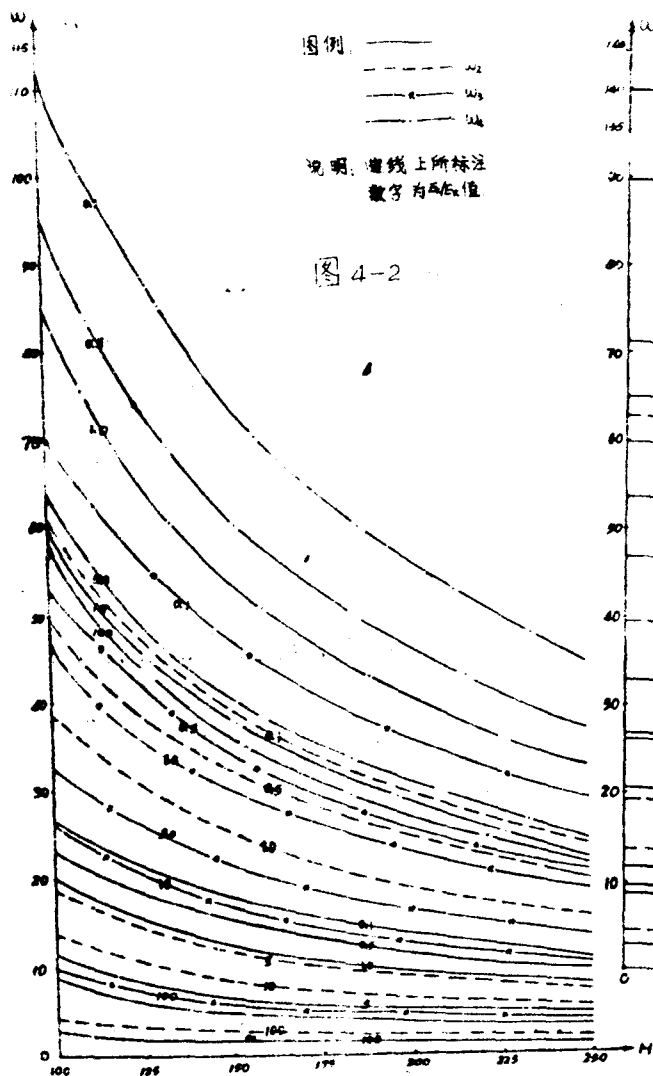


计算简图

五、坝踵裂缝对重力坝自振频率的影响

1. 裂缝长度对重力坝自振频率的影响:

计算中假定结构是线弹性结构, 并采用“缝合法”⁽⁶⁾ 模拟裂缝的存在, 用“小单元法”模拟裂缝的奇异性。



根据上述假定, 在坝与地基同弹模情况下, 我们计算了一组缝长 $a=1, 2, 3, 4, 5, 10, 20$ 米的情况, 并与无缝情况相比较, 见表 5-1 及图 5-1。

表 5-1 同弹模有缝重力坝的第一阶频 ω_1

a E_c / E_r	1	2	3	4	5	10	20	无缝 f_1
1	20.24	20.06	19.88	19.69	19.49	18.31	15.47	20.41
$\frac{f_1 - \omega_1}{f_1}$	0.8%	1.7%	2.6%	3.5%	4.5%	10.3%	24.2%	

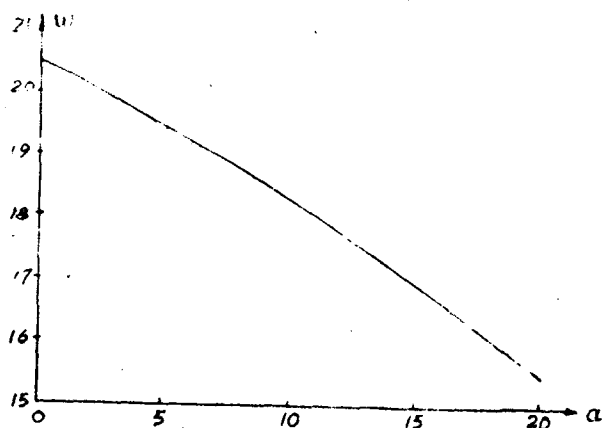


图 5-1

由图中可以看出,有缝后使坝的频率降低,缝愈长频率降低愈多。

2. 坝基弹模对有缝重力坝自振频率的影响:

我们仍采用前述计算假定,计算了各种弹模情况 $E_C/E_R = 0.1, 1, 5, 10, 100$ 分别在缝长 $a = 1, 2, 3, 4, 5$ 米时坝的自振频率。结果见图 5-2。

计算结果表明,随着弹模比的增加频率呈降低趋势,也即地基愈软坝的频率愈低。且随着地基弹模的增加,裂缝对频率的影响也愈大。

六、结语及展望

通过上述计算和分析,不难提出如下结论:

1. 用特解边界法解决自振问题,不仅吸收了一般边界元法数据输入简单、降维等优点,而且还避免了以往动态边界元法中进行积分变换及数值反变换的麻烦,体现了用特解项把动力方程中惯性力项化为边界积分问题的优越性。计算结果表明,本法原理简单,程序设计方便,精度满足工程要求,是一种值得向工程上推荐的数值方法。

2. 坝坡的改变对频率的影响不是太大。当下游坝坡从 0.65 变到 0.75 时,一阶频率仅相差 4.9%,初设阶段可以不考虑它的影响;但当坝坡从 0.65 变到 0.85 时,一阶频率要相差 8.6%,因此,当坝坡的变化值大于 0.1 时,就要考虑由此对坝体自振频率所产生的影响。

3. 随着坝高的增加,坝体自振频率呈降低趋势,且随地基弹模的增加这种降低趋势愈加明显。

4. 在坝体一定的情况下,坝体自振频率随地基弹模的降低而降低。

5. 坝踵裂缝的产生使得坝体自振频率降低。当缝长在 5 米以内时,裂缝的存在对坝体频率的影响不超过 5%,设计可以不考虑;但当缝长大于 5 米时,这种影响较大,应给予重视。

6. 在裂缝长度一定的情况下,地基弹模增加使得裂缝对坝体频率的影响愈显著。

根据本文的方法思路,进一步推广还可以解决以下几个问题:

(1) 多连通域问题,以求解空腹重力坝问题。

(2) 坝与水之间的相互作用问题。采用一定的方法计算出库水影响系数后,便可利用

本法考虑坝水相互作用问题。

(3) 坝、地基、水共同作用下的坝体自振频率。与(2)相同,在考虑了库底条件后便可求解。

本文所作的工作仅仅是一个开端。无论是问题的研究或方法本身都有待进一步补充和完善。例如:如何根据不同类型的特解,提高计算振型的阶数;如何引进特殊的基本解解决半无限域问题;裂缝之间的非线性碰撞问题的处理等。

参 考 文 献

- [1] Shahid Ahmad, A.M.ASCE and Prasante K.ASCE, Free Vibration Analysis by BEM Using Particular Integrals.
- [2] 周鸿钧 李庆斌 坝体与库水耦合振动的边界元计算 水利学报
- [3] 王良琛 混凝土重力坝地震动力分析 地震动力出版社 1981
- [4] 周晶 林皋 倪汉根 切缝对大坝动力特征的影响 土木工程学报 1985.9
- [5] 张汉楚 冯令民 用边界元研究重力坝坝踵水平裂缝的稳定性 水利学报 1988.7
- [6] Blandford, G.E.etal, Two Dimensional stress Intensity Factor Computations Using the Boundary Element Method. Int.jof Fracture, Vol.15, No.2, 1979.
- [7] 李庆斌 坝体与库水耦振的边界元计算 郑州工学院硕士论文 1987.2

论文评阅人:	张镜剑	教授
	张雷顺	副教授
答辩委员会主席:	张镜剑	教授
委员:	王咸儒	高级工程师
	李节发	教授
	丁自强	教授
	张雷顺	副教授
	张一平	副教授
	周鸿均	教授
答辩日期:	1988 年 12 月 24 日	

蒙特卡罗边界法及重力坝可靠度分析

研究生: 董耀星 指导教师: 周鸿钧教授

水工结构工程专业

摘 要

本文的主要成果是:

1. 提出了一种适用于结构可靠度分析的新方法——蒙特卡罗边界法。
2. 在几个方面拓宽了重力坝可靠度分析这一研究领域。

一、蒙特卡罗边界法

在结构可靠度分析的众多方法中, 蒙特卡罗法作为一种相对精确解法受到了国内外的普遍重视, 文献[1]~[3]介绍了蒙特卡罗法的几种改进方法。本文提出的蒙特卡罗边界法由于减少了对一个随机变量的随机抽样, 因此具有较高的精度, 从而只须较少的模拟次数。且该法无须选择计算参数, 方法简单, 适应性强, 是结构可靠度分析计算的一种简便而实用的方法。

当结构的基本随机变量 x_j ($j=1, 2, \dots, m$) 间相互独立时, 结构破坏概率可表示为:

$$P_f = \int_{\Omega_m} \cdots \int_{j=1}^m \pi f_{x_j}(x_j) dx_1 \cdots dx_m \quad (1)$$

其中: $f_{x_j}(x_j)$ 是随机变量 x_j 的概率密度函数;

$$\Omega_m = \bigcup_{k=1}^L \Omega_k \quad \text{为结构的破坏域;} \quad (2)$$

$$\text{而 } \Omega_k = \{(x_1, \dots, x_m) | g_k(x_1, \dots, x_m) \leq 0\} \quad (3)$$

为第 k 个破坏模式的破坏域。

$$(3) \text{ 式中的 } Z_k = g_k(x_1, \dots, x_m) \quad (4)$$

为第 k 个破坏模式的功能函数。 $g_k(x_1, \dots, x_m) \leq 0$ 表示第 k 个破坏模式处于破坏状态。

1. 1. 构件破坏概率计算公式

设从 $g(x_1, \dots, x_m) \leq 0$ 中可解出:

$$x_1 \leq \bar{g}(x_2, \dots, x_m) \quad (5)$$

$$\text{令 } x_1 = \bar{g}(x_2, \dots, x_m) \quad (6)$$

选取 $f_1(x_1, \dots, x_m) = \prod_{j=1}^m f_{1,j}(x_j)$ (7)

其中 $f_{1,j}(x_j) = \begin{cases} f_{x_j}(x_j) & j = 2, 3, \dots, m \\ f_{x_1}(x_1) / F_{x_1}(x_1) & j = 1 \end{cases}$ (8)

由蒙特卡罗平均值法原理, 经推导得:

$$P_f = E[F_{x_1}(x_1')] = E[F_{x_1}(\bar{g}(x_2, \dots, x_m))] \quad (9)$$

式中 $F_{x_1}(\cdot)$ 为随机变量 x_1 的累积分布函数。

(9)式的一个无偏估计为:

$$P_f \approx \bar{P}_f = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F_{x_1}(x_1^{(i)}) \quad (10)$$

$$\text{令 } P_f^{(i)} = F_{x_1}(x_1^{(i)}) \quad (11)$$

则(10)式的方差为:

$$\text{Var}(\bar{P}_f) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (P_f^{(i)} - \bar{P}_f)^2 \quad (12)$$

公式(10)、(12)即为蒙特卡罗边界法求解构件破坏概率的计算公式及其方差表达式。

若由 $g(x_1, \dots, x_m) \leq 0$ 中只能解出

$$x_1 \geq \bar{g}(x_2, \dots, x_m) \quad (13)$$

则上述公式中的 $F_{x_1}(x_1^{(i)})$ 需以 $[1 - F_{x_1}(x_1^{(i)})]$ 代之。

2. 2. 体系破坏概率计算公式

设式(5)对 L 个破坏模式均成立, 则体系破坏概率可求解如下:

设对 $(m-1)$ 维随机向量 $(x_2, \dots, x_m)$ 的第 i 次抽样值 $(x_2^{(i)}, \dots, x_m^{(i)})$, 由

$g_k(x_1, \dots, x_m) = 0$ 可解出 $x_{1,k}^{(i)} = \bar{g}_k(x_2^{(i)}, \dots, x_m^{(i)})$,

第 k 个功能函数的破坏概率 $P_{fk}^{(i)}$ 为:

$$P_{fk}^{(i)} = F_{x_1}(x_{1,k}^{(i)}) \quad (14)$$

则第 i 次抽样所得体系破坏概率为:

$$P_{fs}^{(i)} = \max_{1 \leq k \leq L} \{P_{fk}^{(i)}\} \quad (15)$$

N 次抽样后, 体系破坏概率可表示为:

$$P_{fs} \approx \bar{P}_{fs} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \max_{1 \leq k \leq L} \{P_{fk}^{(i)}\} \quad (16)$$

其方差为:

$$\text{Var}(\bar{P}_{f,i}) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (P_{f,i}^{(0)} - \bar{P}_{f,i})^2 \quad (17)$$

(16)式即为蒙特卡罗边界法计算体系破坏概率的基本公式。该式的意义为：对 $(m-1)$ 维随机向量的抽样值 $(x_2^{(0)}, \dots, x_m^{(0)})$, $(i=1, 2, \dots, N)$, 选取 L 个破坏边界中 x_1 取值最大, 即最外边的边界上那一点 $(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_m^{(0)})$ 处 x_1 的概率分布函数值的均值作为体系破坏概率。

2. 3. 随机变量具有截尾分布时的计算公式

对体系可靠度问题, 计算公式如下:

$$P_{f,i} \approx \bar{P}_{f,i} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \max_{1 \leq k \leq L} \left\{ \frac{F_{x_1}(x_{1,k}^{(0)}) - F_{x_1}(x_1^L)}{F_{x_1}(x_1^R) - F_{x_1}(x_1^L)} \right\} \quad (18)$$

式中: $F_{x_1}(\cdot)$ 为 x_1 截尾后的累积分布函数;

x_1^L, x_1^R 分别为 x_1 的左、右截尾点。

在抽样时, 需满足:

$$x_j^{(0)} \in (x_j^L, x_j^R), \quad j=1, 2, \dots, m, \quad i=1, 2, \dots, N \quad (19)$$

$$\text{若令 } P_{f,i}^{(0)} = \max_{1 \leq k \leq L} \left\{ \frac{F_{x_1}(x_{1,k}^{(0)}) - F_{x_1}(x_1^L)}{F_{x_1}(x_1^R) - F_{x_1}(x_1^L)} \right\} \quad (20)$$

则(18)式的方差仍可用式(17)计算。

当 $L=1$ 时(18)式为随机变量具有截尾分布时的构件可靠度计算公式:

当 x_1^L 等于 x_1 取值域的下界时, 对应于右截尾情况; 当 x_1^R 等于 x_1 取值域的上界时, 对应于左截尾情况; 当 x_1^L, x_1^R 分别等于其上、下界时, 对应于不截尾情况。

可知公式(18)为蒙特卡罗法求解结构破坏概率的通用公式。

以上即是蒙特卡罗边界法在各种情况下的计算公式。经计算, 与其它几种蒙特卡罗法相比, 蒙特卡罗边界法只需 $1 \sim 2$ 万次模拟, 即可超过其它方法 3 万次模拟所得精度。与精确解十分接近。

二、重力坝可靠度分析

结构可靠度分析的精度依赖于结构分析方法的精度。本文采用特解边界元法作为重力坝应力分析的工具。该法具有精度高, 数据准备量少的优点。可降低问题的维数, 方法本身具有的奇异性更适于解决奇异问题, 如断裂问题等。

用特解边界元法及蒙特卡罗边界法对重力坝的可靠度问题进行了多方面的计算, 包括:

- * 沿坝基面抗滑稳定可靠度计算;
- * 坝踵处抗拉可靠度计算;

- * 坝趾处抗压可靠度计算;
- * 坝踵界面裂缝稳定可靠度计算;
- * 体系可靠度计算。

通过对计算成果的分析得出以下一些结论:

1. 通过对四个坝例的计算, 找出了不同坝高时体系可靠度的控制因素。当坝高大于 100M 时, 应力及坝踵界面裂缝稳定是体系可靠度的制约因素, 而当坝高小于 100M 时, 体系可靠度主要受抗滑稳定可靠度制约, 此时应力及裂缝稳定可靠度都较高, 不是主要的破坏模式。(图 15 体系可靠度随坝高变化)

2. 材料的断裂韧性 K_{IC} 的均值是影响坝踵界面裂缝稳定可靠度的主要因素, 而 K_{IC} 的方差及分布的影响则相对次要; 地基刚度的变化影响缝端的应力场, 从而影响裂缝稳定可靠度; 区分裂缝是压剪型或是拉剪型对可靠度计算是十分重要的。(图 13 弹模比对坝踵界面裂缝稳定可靠指标的影响)

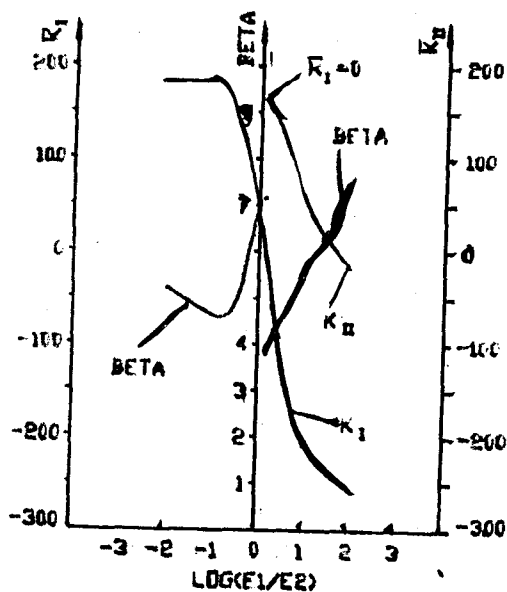


FIG. 13 LOG(E1/E2)--BETA

图 13

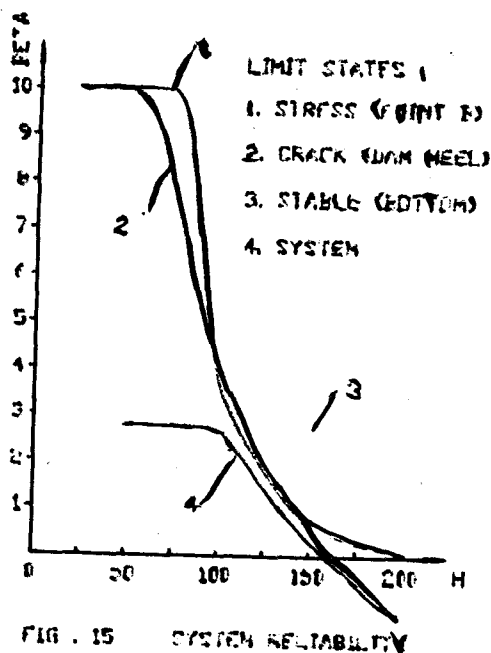


FIG. 15 SYSTEM RELIABILITY

图 15

3. 坝踵处抗拉应力可靠度随地基刚度增大而减小, 坝趾处抗压应力可靠度随地基刚度增大而增大, 可靠指标变化差值之大, 说明地基刚度对坝体应力可靠度的影响是不可忽视的。(图 2 弹模比对坝踵处抗拉应力可靠指标的影响)(图 3 弹模比对坝趾处抗压应力可靠指标的影响)

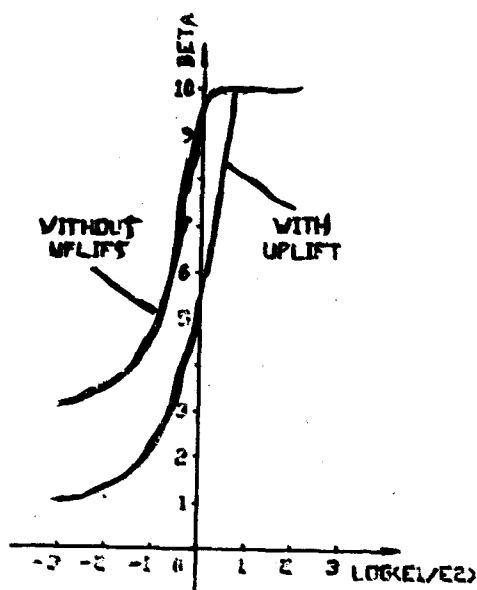


FIG. 2 CURVE $\text{LOG}(E_1/E_2) \rightarrow \text{BETA}$
POINT A

图 2

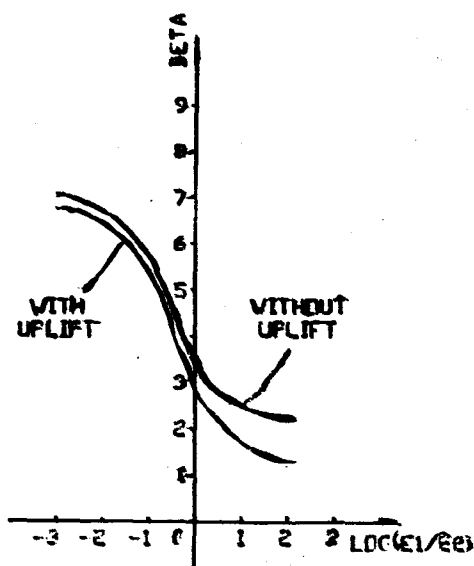


FIG. 3 $\text{LOG}(E_1/E_2) \rightarrow \text{BETA}$
POINT B

图 3

4. 摩擦系数 f 的均值及方差是影响重力坝抗滑稳定可靠指标的两个主要因素, 在对 f 做统计分析时, 应尽量保证 f 的这两个数字特征的准确性, 为抗滑稳定可靠度分析提供高精度的基本资料。而 f 的分布对抗滑稳定可靠指标的影响较小, 在资料不足或分布检验对各种分布均不拒绝时, 假设 f 为正态分布将使可靠指标的计算结果偏小, 用于设计偏于安全。

5. 扬压力对抗滑稳定可靠度、应力可靠度及界面裂缝稳定可靠度均产生不利影响, 在施工及运行管理中应对之进行控制。

重力坝可靠度分析国内外已作了不少工作, 本文在以下几个方面拓广了这一领域:

1. 在重力坝可靠度分析中首次考虑了地基刚度的影响;
2. 对坝踵界面裂缝稳定可靠度的计算, 为断裂力学在可靠度分析中的应用开辟了新的领域;
3. 对重力坝体系可靠度的分析计算, 找出了体系可靠度的控制因素。
4. 以特解边界元法作结构分析工具, 以蒙特卡罗边界法作可靠度分析方法, 这种组合可对结构作较精确的应力、断裂、稳定和可靠度方面的分析计算, 具有较高的精度和较广的适用性。

今后应通过对随机边界元及可靠度分析方法的研究, 使可靠度分析成果更加准确。

参 考 文 献

- [1] 求解结构可靠度的蒙特卡罗法及其改进 沈凤生 吴世伟 结构安全度与可靠度分析论文集 河海大学出版社
- [2] 蒙特卡罗法在结构可靠度分析中的应用 叶军 吴世伟 河海大学学报 88. 5.
- [3] Monte Carlo Methods for Structural Reliability Analysis. R.E.Melchers. Civil Engineering Transactions 1987.
- [4] 重力坝可靠度校核方法的探讨 吴世伟 华东水利学院学报 84. 2.
- [5] 重力坝破坏概率的评估 张一平译 董耀星校 砌石坝技术 88. 3.

论 文 评 阅 人:

张镜剑 教授

吴世伟 教授

龚绍熙 教授

答辩委员会主席:

张镜剑 教授

委员:

王咸儒 高级工程师

龚绍熙 教授

徐光先 副教授

张雷顺 副教授

张一平 副教授

周鸿均 教授

答 辩 日 期:

1989 年 5 月 15 日