

# 基于 SBFEM 的心墙坝基座跨尺度精细应力分析

邹德高<sup>1,2</sup> 陈 楷<sup>1,2</sup> 张仁怡<sup>1,2</sup> 余 翔<sup>3</sup>

(1.大连理工大学 水利工程学院 辽宁 大连 116024; 2.大连理工大学 海岸和近海工程国家重点实验室 辽宁 大连 116024; 3.郑州大学 水利科学与工程学院 河南 郑州 450001)

**摘要:** 基座是连接混凝土沥青心墙坝心墙和防渗墙的关键部件,其受力特性对结构安全评价至关重要。通过四分树快速离散技术建立 5 种网格密度的跨尺度分析模型,采用非线性多边形比例边界有限元与传统 FEM 耦合计算方法,研究了基座结构在施工期的应力状态以及改善对策。结果表明:基座及周围土体网格尺寸对二者相互作用存在较大影响;随着网格的细化,基座应力极值将增大,且压应力极值最大相差约 57.4%,拉应力极值相差约 59.3%,但最终应力分布规律和数值均趋于收敛;在基座周围局部设置高塑性黏土区可有效改善基座应力状态。建议沥青心墙坝分析中基座网格尺寸宜为 0.05~0.10 m,基座周围局部土体网格尺寸宜为 0.1~0.2 m,黏土区宽度可取 1.0~1.5 倍的基座宽度。基于比例边界有限元的跨尺度分析方法可实现高效精细化建模和计算,能更合理地评价高坝防渗系统安全性。

**关键词:** 跨尺度精细应力分析; 心墙基座; 四分树网格; 比例边界有限元; 沥青心墙坝

中图分类号: TV641

文献标志码: A

DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2019.09.028

近年来,我国规划兴建了冶勒、黄金坪、去学等混凝土沥青心墙坝工程,基座是连接大坝心墙和防渗墙的关键部件,其受力特性对结构安全评价至关重要。

目前心墙坝研究主要集中于防渗墙数值分析<sup>[1-3]</sup>、坝体、坝基廊道应力变形分析<sup>[4-6]</sup>、防渗墙与心墙接头部位的相互作用研究<sup>[7-9]</sup>,但对基座应力特性的研究报道很少。由于传统 FEM 单元形状较为单一(三角形和四边形),不易于高质高效地进行精细化建模和分析<sup>[10-11]</sup>,而有关心墙坝基座精细化分析的研究更是几乎没有。

比例边界有限元(SBFEM)<sup>[12]</sup>支持更灵活通用的多边形单元类型<sup>[13-14]</sup>,复杂几何适应性强,近年来广泛应用于结构-地基相互作用分析<sup>[15-16]</sup>、摩擦接触问题研究<sup>[17]</sup>、裂纹扩展分析<sup>[18-20]</sup>、大坝-库水动力耦合分析<sup>[21]</sup>、三维复杂多面体分析<sup>[22]</sup>、多孔介质动力液化分析<sup>[23]</sup>及弹塑性岩土工程应用<sup>[24-29]</sup>。

因此,本文采用四分树技术<sup>[14]</sup>建立不同密度的跨

尺度精细分析模型,采用 SBFEM-FEM 耦合分析方法<sup>[29]</sup>对某心墙坝进行施工运行期数值模拟,研究基座应力随网格密度变化时的分布和数值收敛规律,建议实际数值模拟中基座宜取的网格尺寸;同时讨论改善基座应力的工程对策,为大坝防渗系统安全评价提供合理的建议方案,也为其他类似工程提供一定的经验参考。

## 1 跨尺度精细化分析方法

### 1.1 四分树建模

四分树通过对待求域进行递归四分来获得满足设定条件的网格信息。其离散单元质量越高(正方形占比大)<sup>[10]</sup>,单元尺寸跨越快,以 2<sup>n</sup> 倍变化,故从 1 km 到 1 m 仅需 10 次递归(2<sup>10</sup> = 1024),非常适合跨尺度精细化剖分。该方法的数据结构和几何说明详见图 1。

收稿日期: 2019-05-05

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0404905); 国家自然科学基金项目(51779034, 51809034); 中央高校基本科研业务费资助项目(DUT19ZD216); 中国博士后科学基金资助项目(2018M631790)

作者简介: 邹德高,男,教授,博士,主要从事高土石坝和核电厂工程抗震研究。E-mail: zoudegao@dlut.edu.cn

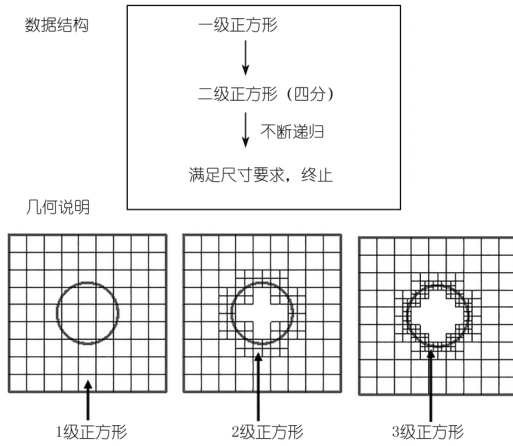


图1 四分树技术数据结构说明示意

Fig.1 Data structure explanation of quadtree

## 1.2 基于 SBFEM 的复杂单元分析方法

如图2所示,四分树离散的网格中出现了少量的多边形单元,传统方法需将此类单元二次拆分为三角形和四边形,操作过程较为繁琐,不易于推广应用。

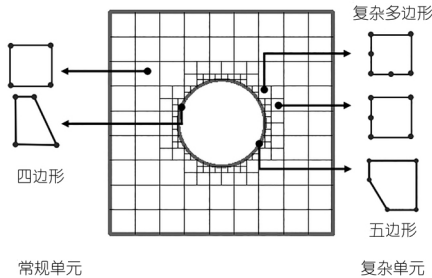


图2 四分树离散的网格特点

Fig.2 Characteristics of quadtree discretization grids

采用陈楷等提出的非线性 SBFEM<sup>[13, 24]</sup>可直接求解上述复杂单元。图3给出了典型的多边形单元示意,通过边界积分点和特征值分解技术,可求得单元形函数  $\Phi$  和应变位移矩阵  $B$ ,见式(1)和式(2)。

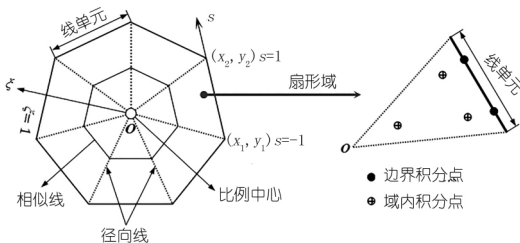


图3 多边形比例边界有限单元示意

Fig.3 Schem of polygonal SBFEM

$$\Phi(\xi, s) = N_u(s) \psi_u \xi^{-s_n} \psi_u^{-1} \quad (1)$$

$$B(\xi, s) = \{ B_1(s) \psi_u [-S_n] + B_2(s) \psi_u \} \xi^{-s_n-1} \psi_u^{-1} \quad (2)$$

通过传统有限元理论和域内积分点,即可求出单元刚度矩阵。

$$K_{ep} = \sum_{i=1}^{3n} B^i(\xi, s) D_{ep}^i B^i(\xi, s) A_i \quad (3)$$

内力向量和外力向量可通过上述变量求得,见式(4)~(8)。

$$R_{ext} = \int_{\Gamma} \Phi^T(\xi, s) f_i d\Gamma + \int_{\Omega} \Phi^T(\xi, s) f_b d\Omega \quad (4)$$

$$\int_{\Gamma} \Phi^T(\xi, s) f_i d\Gamma = \int_{-1}^1 N_u(s) J(s) f_i ds \quad (5)$$

$$\int_{\Omega} \Phi^T(\xi, s) f_b d\Omega = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^3 [N_u^i(s) \psi_u \xi^{-s_n} \psi_u^{-1}] f_b A_{ki} \quad (6)$$

$$R_{int} = \sum_{i=1}^{3n} B^i(\xi, s)^T \sigma_i(\xi, s) A_i \quad (7)$$

$$\sigma_i(\xi, s) = \sum_{j=1}^{3n} D_{ep}^j \varepsilon_j(\xi, s) \quad (8)$$

通过计算求解域的平衡方程,见式(9),即可获得分析域的数值解,详细理论推导及实现过程可参见文献[14]。

$$\left( \sum_{i=1}^{npol} K_{ep} \right) \Delta U_b = \sum_{i=1}^{npol} (R_{ext} - R_{int}) \quad (9)$$

大连理工大学工程抗震研究所采用 Visual C++ 语言和 MFC 环境,采用类抽象、继承、重载和多态等面向对象设计方法、并行计算等先进的开发技术,自主开发了 Windows 版本的大型岩土工程静、动力非线性分析程序 GEODYNA<sup>[30]</sup>。截止目前,该软件已经应用于 50 多个大型水利水电工程、核电工程、水运工程和地下结构工程。

基于该平台,采用面向对象的程序设计思想和 C++ 语言,集成了多边形 SBFEM 单元,并可直接调用平台内部丰富的材料库、荷载库和算法库等,本文采用该单元进行心墙坝基座精细应力分析。

## 2 心墙坝基座精细化数值分析

### 2.1 坝体模型离散与分析参数

#### 2.1.1 几何尺寸与分区

图4给出了坝体的整体几何尺寸和材料分布情况。

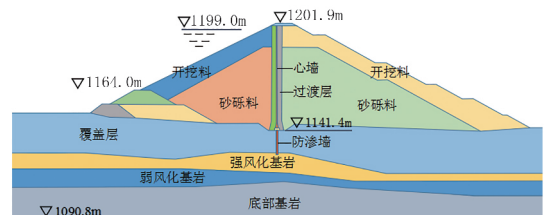


图4 心墙坝断面

Fig.4 Section diagram of core wall dam

### 2.1.2 模型网格离散

采用四分树的剖分方法,对基座设定不同的网格尺寸,单元尺寸假定以 2 倍逐级变化。图 5 给出了其中一种密度的网格示意,表 1 列出了 5 种分析模型的单元和节点统计信息。可以看出,由于采用了跨尺度的剖分方法,精细化后不同网格尺寸的基座模型单元量也差别不大。

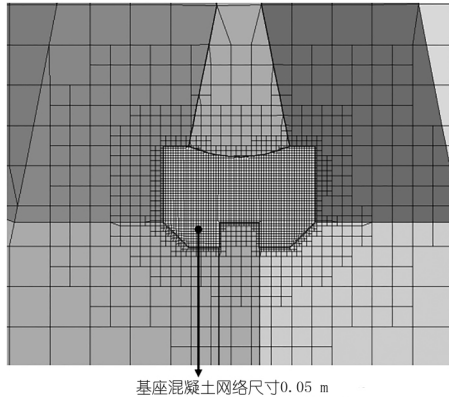


图 5 心墙坝跨尺度精细化模型

Fig.5 Cross-scale fine model for core-wall dams

表 1 网格信息统计

Tab.1 Mesh information statistics

基座混凝土尺寸/m	单元数	节点数
0.05	9653	10069
0.10	7855	8231
0.20	6928	7276
0.40	6565	6891
0.80	6438	6751

### 2.1.3 计算参数

通过控制单元生死步来模拟实际施工中的水平逐层碾压过程,共分 31 个计算步,实现坝体的填筑过程,分 10 步蓄水至高程 1 199 m。

堆石体和心墙采用邓肯-张模型分析,详细参数列于表 2~3。基座、防渗墙等混凝土材料采用线弹性模型,弹性模量为 25.5 GPa,泊松比为 0.167;基岩采用线弹性模型,模量取为 10 GPa,泊松比取为 0.25。

表 2 堆石体邓肯-张模型参数

Tab.2 Duncan-Chang parameters of rockfill material

材料	$\rho_d / (g \cdot cm^{-3})$	$\varphi / (^\circ)$	$\Delta\varphi / (^\circ)$	$k$	$n$	$k_b$	$m$	$R_f$
砂砾料	2.166	52.2	10.0	1250	0.32	650	0.15	0.85
开挖料	2.120	50.9	9.8	1160	0.35	580	0.25	0.85
坝基料	2.065	48.0	6.4	920	0.38	560	0.25	0.90

表 3 心墙邓肯-张模型参数

Tab.3 Duncan-Chang parameters of core-wall

$\rho_d / (g \cdot cm^{-3})$	$\varphi / (^\circ)$	$C / MPa$	$k$	$n$	$k_b$	$m$	$R_f$
2.427	27.15	0.57	402	0.28	2179	0.70	0.76

## 2.2 分析结果和讨论

### 2.2.1 基座应力

图 6 和图 7 给出了基座的应力分布,由于基座顶部两侧平台受竖向土压力作用,两侧受土体竖向摩擦力作用,故基座拉应力主要分布于顶部,压应力则集中于底部。从图中应力分布规律可看出,当网格较疏时,应力分布误差较大。但随着网格密度的细化,应力分布趋于收敛。

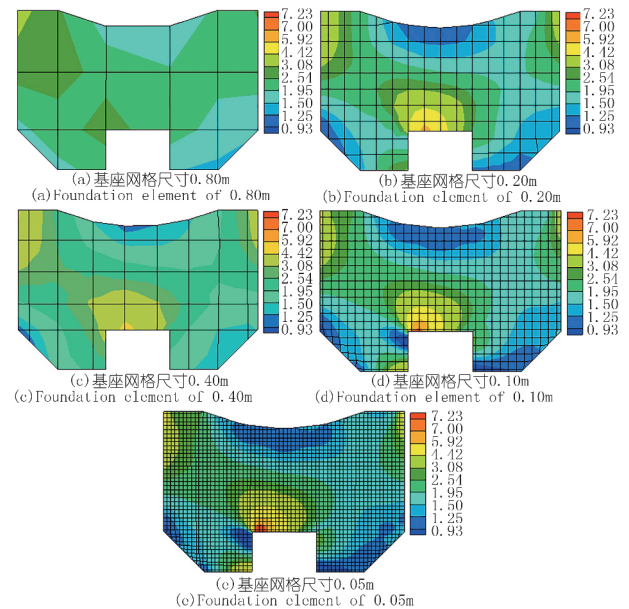


图 6 心墙坝基座最大主应力(单位: MPa)

Fig.6 Distribution of major principal stress of core-dam foundation

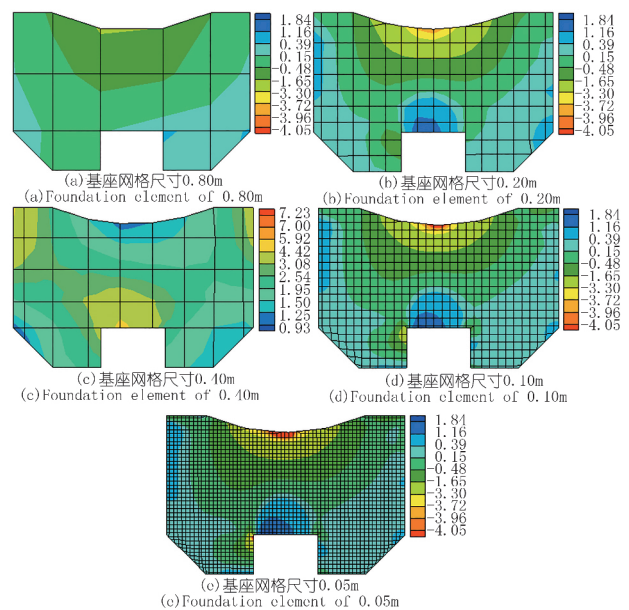


图 7 心墙坝基座最小主应力(单位: MPa)

Fig.7 Distribution of minor principal stress of core-dam foundation

2.2.2 基座应力极值

表 4 列出了基座设定不同网格密度时,计算所得的应力极值。可以看出,随着网格逐级细化,应力极值偏差逐渐减小,并趋于收敛,如图 8 所示,当网格尺寸由 0.10 m 减小至 0.05 m 时,应力极值变化趋于平缓。可以认为,粗网格难以反映基座的弯曲效应,且不能反映基座与周围土体的相互作用,最终低估了基座的应力状态,而精细网格能更合理地反映基座的受力特性。

表 4 基座应力极值统计

Tab.4 Statistics of foundation stress extremum

基座网格 尺寸/m	最大主 应力/MPa	最大主 应力偏差/%	最小主 应力/MPa	最小主 应力偏差/%
0.05	7.23	—	4.05	—
0.10	7.00	3.18	3.96	2.22
0.20	5.92	18.12	3.72	8.15
0.40	4.42	38.87	3.30	18.52
0.80	3.08	57.40	1.65	59.26

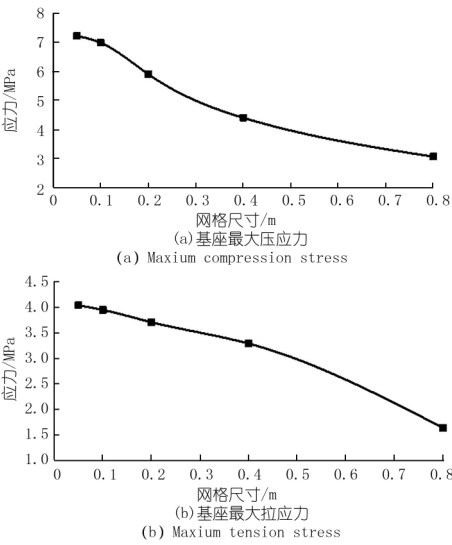


图 8 基座最大应力与网格尺寸关系

Fig.8 Relationship between maximum stress of base and mesh size

2.2.3 土体网格对基座应力影响

如图 9 所示,基座主要受到来自心墙的竖向压力和周边土体的土压力及摩擦力作用,上述合力通过设置的接触面单元传递,故研究基座周界面单元的竖向合力,可分析出周边土体网格密度变化时,对基座应力的影响机制。

图 10 和表 5 为不同土体网格尺寸时,接触面竖向合力  $T$  的变化情况。可以看出,随着网格逐级减小,合力逐渐减小,并呈现收敛趋势,说明当土体单元尺寸变小时,更能反映其应力梯度分布和局部破坏情况,使得传递的合力减小,故实际计算中,土体单元也不宜过大。

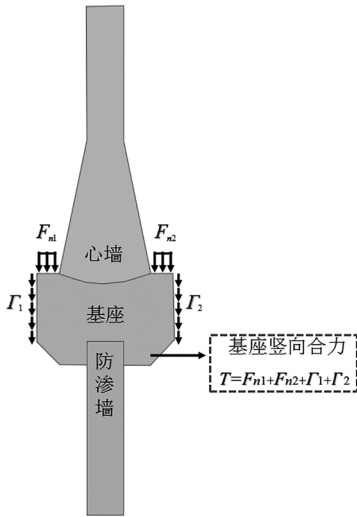


图 9 基座与土体的应力传递机制

Fig.9 Stress transfer mechanism between foundation and soil

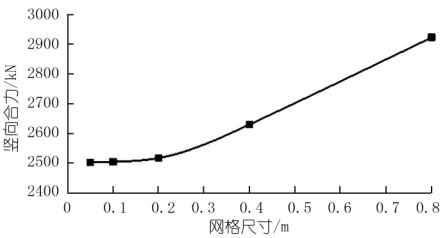


图 10 土体单元尺寸与作用于基座的土体竖向合力关系

Fig.10 Relationship between size of soil elements and vertical resultant force of soil acting on foundation

表 5 作用于基座的土体竖向合力数值统计

Tab.5 Numerical statistics of vertical resultant forces acting on foundation

基座网格 尺寸/m	界面单元 竖向合力/kN	偏差/%
0.05	2503.21	—
0.10	2505.49	0.09
0.20	2518.18	0.60
0.40	2631.49	5.12
0.80	2924.25	16.82

3 设置高塑性黏土区对基座应力的改善效果

3.1 分析模型

设置 3 种不同范围的高塑性黏土区,长度分别为基座宽度  $B$  的 1 倍、1.5 倍和 2 倍,研究其对基座应力的改善情况,图 11 给出了其中 1.5 倍计算工况的网格示意。

3.2 结果对比与讨论

图 12 和图 13 给出了设置高塑性黏土区后,基座的应力随网格尺寸的变化情况。可以看出,黏土区可有效改善基座的应力分布,降低了压应力和拉应力极

值,且网格尺寸越密,效果越明显。

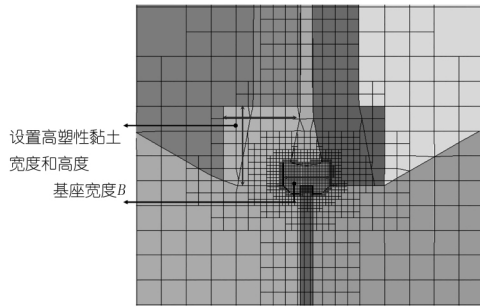


图 11 设置  $1.5B$  范围的高塑性黏土区

Fig.11 Setting a  $1.5B$  range of high plastic clay area

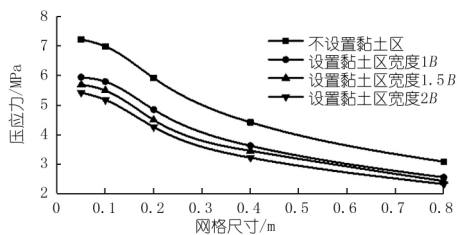


图 12 设置高塑性黏土区后基座压应力变化

Fig.12 Compressive stress change of foundation after setting high plastic clay area

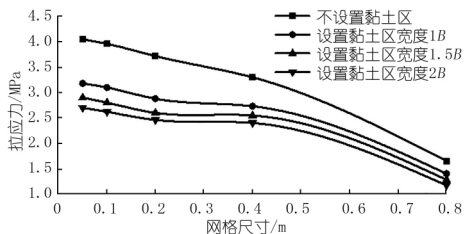


图 13 设置高塑性黏土区后基座拉应力变化

Fig.13 Tensile stress change of foundation after setting high plastic clay area

表 6 和表 7 列出了压应力和拉应力的极值。对不同的网格尺寸,高塑性黏土设置区域愈大,则改善效果愈明显,其中压应力最大降低约 24.5%,拉应力最大降低约 33.3%。考虑到实际应用中,高塑性黏土需同时设置一定范围的反滤区。故黏土区范围不宜设置过大,建议范围可取  $1.0 \sim 1.5$  倍的基座宽度。

表 6 设置高塑性黏土区后基座最大压应力统计

Tab.6 Maximum compressive stress of foundation with high plastic clay area

基座网格	不设置黏	设置黏土区 /MPa		
尺寸/m	土区 /MPa	1B	1.5B	2B
0.05	7.23	5.95	5.70	5.43
0.10	7.00	5.80	5.50	5.18
0.20	5.92	4.85	4.50	4.26
0.40	4.42	3.62	3.45	3.22
0.80	3.08	2.55	2.42	2.32

表 7 设置高塑性黏土区后基座最大拉应力统计

Tab.7 Maximum tensile stress of foundation with high plastic clay area

基座网格	不设置黏	设置黏土区 /MPa		
尺寸/m	土区 /MPa	1B	1.5B	2B
0.05	4.05	3.18	2.90	2.70
0.10	3.96	3.10	2.80	2.62
0.20	3.72	2.88	2.60	2.46
0.40	3.30	2.73	2.55	2.40
0.80	1.65	1.40	1.28	1.17

## 4 结 论

(1) 基座及周围土体网格尺寸对二者相互作用存在较大影响;随基座网格尺寸细化,基座应力逐渐增大,疏网格与精细网格计算结果偏差最大约 60%,但最终分布规律和数值均趋于收敛。可以认为,疏网格低估了基座的应力状态,不宜用于大坝整体结构的安全性能评价,建议实际分析中,基座单元尺寸宜取  $0.05 \sim 0.10$  m。

(2) 土体网格尺寸亦会影响基座应力状态。细化土体单元时,应力呈减小趋势。工程计算中,基座周边土体单元不宜过大,建议其尺寸可取  $0.10 \sim 0.20$  m。

(3) 在基座周边设置高塑性黏土区,可有效改善其应力状态。根据计算成果,黏土区范围可取  $1.0 \sim 1.5$  倍的基座宽度。

(4) 基于四分树离散技术和多边形 SBFEM 可高效、灵活地进行心墙坝跨尺度精细化应力分析,能更合理地评价高坝防渗系统安全。该思路可拓展至三维应用,通过八分树和多面体分析方法对防渗系统复杂受力状态进行精细化分析。

## 参考文献:

- [1] 余翔,孔宪京,邹德高.混凝土防渗墙变形与应力分布特性[J].浙江大学学报(工学版),2017,51(9):1704-1711,1734.
- [2] Yu X, Kong X, Zou D, et al. Linear elastic and plastic-damage analyses of a concrete cut-off wall constructed in deep overburden[J]. Computers and Geotechnics, 2015(69): 462-473.
- [3] Yu X, Zou D, Kong X, et al. Large-deformation finite element analysis of the interaction between concrete cut-off walls and high-plasticity clay in an earth core dam[J]. Engineering Computations, 2017, 34(4): 1126-1148.
- [4] 赵一新,王瑞骏,耿计计.沥青混凝土心墙坝坝基廊道应力变形分析[J].人民长江,2008,39(19):10-12,31.
- [5] 王建祥,刘亮,张媛媛.浇筑式沥青混凝土心墙坝坝基有限元分析[J].水资源与水工程学报,2014,25(4):119-122.
- [6] 吴俊杰.碾压式沥青混凝土心墙坝坝基应力变形特性分析[J].水利科技与经济,2019,25(3):44-49.
- [7] 傅少君,陈胜宏.瀑布沟堆石坝防渗体自适应有限元分析[J].岩土力学,2006,27(3):499-504.
- [8] 潘家军,程展林,饶锡保.上覆压力存在条件下防渗墙刺入土体

- 变形的模型试验研究[J]. 岩土工程学报, 2013, 35(S1): 62-67.
- [9] 郇能惠, 孙大伟, 米占宽. 深覆盖层上面板堆石坝的圆弧型防渗墙[J]. 岩土力学, 2006, 27(10): 1653-1657.
- [10] Liu G R. The smoothed finite element method (S-FEM): A framework for the design of numerical models for desired solutions[J]. Frontiers of Structural and Civil Engineering, 2019, 13(2): 456-477.
- [11] 陆新征. 工程地震灾变模拟——从高层建筑到城市区域[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [12] Song C M. The Scaled Boundary Finite Element Method[M]. Hoboken: John Wiley & Sons Ltd, 2018.
- [13] 陈楷, 邹德高, 孔宪京, 等. 多边形比例边界有限单元非线性化方法及应用[J]. 浙江大学学报(工学版), 2017, 51(10): 1996-2004, 2018.
- [14] 邹德高, 刘锁, 陈楷, 等. 基于二叉树网格和多边形比例边界有限单元方法的岩土工程非线性静动力分析[J]. 岩土力学, 2017, 38(S2): 33-40.
- [15] 陈灯红, 杜成斌. 结构-地基动力相互作用的时域模型[J]. 岩土力学, 2014, 35(4): 1164-1172.
- [16] 施明光, 徐艳杰, 张楚汉, 等. 比例边界有限元模拟裂纹和夹杂动力相互作用[J]. 振动与冲击, 2016, 35(4): 15-21.
- [17] 薛冰寒, 林皋, 胡志强, 等. 摩擦接触问题的比例边界等几何 B 可微方程组方法[J]. 力学学报, 2016, 48(3): 615-623.
- [18] 陈莘莘, 王娟. 压电裂纹的插值型无单元伽辽金比例边界法分析[J]. 机械工程学报, 2017, 53(6): 53-59, 67.
- [19] 钟红, 牟昊, 张文宣. 基于有限断裂法和比例边界有限元法的裂纹扩展模拟[J]. 计算力学学报, 2017, 34(2): 168-174.
- [20] 章鹏, 杜成斌, 江守燕. 比例边界有限元法求解裂纹面接触问题[J]. 力学学报, 2017, 49(6): 1335-1347.
- [21] 许贺, 邹德高, 孔宪京, 等. 基于 SBFEM 的面板坝与可压缩库水动力耦合弹塑性分析方法[J]. 水利学报, 2018, 49(11): 1369-1377.
- [22] Zou D G, Chen K, Kong X, et al. An enhanced octree polyhedral scaled boundary finite element method and its applications in structure analysis[J]. Engineering Analysis with Boundary Elements, 2017(84): 87-107.
- [23] Zou D G, Teng X W, Chen K, et al. An extended polygon scaled boundary finite element method for the nonlinear dynamic analysis of saturated soil[J]. Engineering Analysis with Boundary Elements, 2018(91): 150-161.
- [24] Chen K, Zou D, Kong X, et al. A novel nonlinear solution for the polygon scaled boundary finite element method and its application to geotechnical structures[J]. Computers and Geotechnics, 2017(82): 201-210.
- [25] Chen K, Zou D, Kong X. A nonlinear approach for the three-dimensional polyhedron scaled boundary finite element method and its verification using Koyna gravity dam[J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2017(96): 1-12.
- [26] Chen K, Zou D, Kong X, et al. An efficient nonlinear octree SBFEM and its application to complicated geotechnical structures[J]. Computers and Geotechnics, 2018(96): 226-245.
- [27] Chen K, Zou D, Kong X, et al. Global concurrent cross-scale nonlinear analysis approach of complex CFRD systems considering dynamic impervious panel-rockfill material-foundation interactions[J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2018(114): 51-68.
- [28] Zou D, Chen K, Kong X, et al. An approach integrating BIM, octree and FEM-SBFEM for highly efficient modeling and seismic damage analysis of building structures[J]. Engineering Analysis with Boundary Elements, 2019(104): 332-346.
- [29] 孔宪京, 陈楷, 邹德高, 等. 一种高效的 SBFEM-FEM 耦合方法及在岩土工程弹塑性分析中的应用[J]. 工程力学, 2018, 35(6): 6-14.
- [30] 邹德高, 孔宪京. GEODYNA 软件用户手册[M]. 大连: 大连理工大学, 2018.

(编辑: 郑毅)

引用本文: 邹德高, 陈楷, 张仁怡, 等. 基于 SBFEM 的心墙坝基座跨尺度精细应力分析[J]. 人民长江, 2019, 50(9): 168-174.

## Cross-scale refined stress analysis on base-support of core wall concrete dam based on Scaled Boundary Finite Element Method

ZOU Degao<sup>1,2</sup>, CHEN Kai<sup>1,2</sup>, ZHANG Renyi<sup>1,2</sup>, YU Xiang<sup>3</sup>

( 1. School of Hydraulic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China; 2. The State Key Laboratory of Coastal and Offshore Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China; 3. College of Water Conservancy, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China )

**Abstract:** The concrete base-support is a key component of concrete asphalt core dam connecting the core wall and the cut-off wall. Its mechanical characteristics are vital to the structural safety evaluation. In this paper, five cross-scale analysis models with different grid density are established by using rapid quadtree discretization technology. The stress behavior of the base-support during construction period and the improvement measures are investigated by using the coupled nonlinear polygon scaled boundary finite element method and traditional FEM. The results demonstrate that the grid size of the base-support and surrounding soil has a great influence on the interaction between soil and structure. The more refined the grid is, the higher the stress extreme values are, and the maximum difference of the compressive stress extreme value is about 57.4%, while the difference of the tensile stress extreme value is about 59.3%. However, the ultimate stress distribution and the numerical value tend to converge eventually. Local clay area around the base-support can effectively improve the stress state. In the refined analysis of asphalt core dam, it is suggested that the grid size of base-support should be 0.05~0.10m. The dimension of surrounding soil should be 0.1~0.2m, and the width of clay zone could be 1.0~1.5 times of the base width. The cross-scale analysis method based on SBFEM can achieve efficient, refined modeling and analysis, and the safety of high dam seepage control system can be evaluated more reasonably.

**Key words:** cross-scale refined stress analysis; base-support of core wall; quadtree mesh; scaled boundary finite element method; asphalt core dam

( 上接第 117 页 )

## Research on time-shift high-density electrical method for detecting hidden dangers in dikes

LI Wenzhong<sup>1</sup>, SUN Weimin<sup>1</sup>, ZHOU Huamin<sup>2</sup>

( 1. Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China; 2. Key laboratory of rock and soil mechanics and Technology of the Ministry of Water Resources, Changjiang Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China )

**Abstract:** For the low detectability and the time-varying property of dike hidden troubles in flood season, this paper summarizes the current situations and characteristics of the dike hidden troubles detection technologies and instruments, points out the present problems in the dike hidden troubles detection and then puts forward the detection idea from hidden danger detection to dynamic time shift, continuous and information detection. Using time-shift high-density electrical detection as an example, we study the spatial observation system arrangement through the layout of measuring line, point distance and parameters. What's more, we also study multi-channel intelligent data acquisition mode, data remote transmission and monitoring, GPU parallel time-shift inversion imaging method and so on. Time-shift high-density electrical detection is proven to be effective and feasible by a dike detection example. After this, it is hoped to realize time-dynamic tracing, analyzing and prewarning from geological defect locating to disaster forming.

**Key words:** high-density electrical detection; time-shift detection; hidden danger in dike; Yangtze River main embankment