

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2009.06.016

索风营水电站 Dr2 危岩体稳定安全度有限元分析

颜天佑¹ 李同春¹ 郑 治² 段金林²

(1. 河海大学水利水电工程学院 ,江苏 南京 210098 ; 2. 中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院 ,贵州 贵阳 550002)

摘要 :采用边坡稳定分析的非线性有限元混合解法对索风营水电站 Dr2 危岩体的稳定性进行了分析 ,即由强度折减法搜索其可能滑动面 ,确定危岩体最可能的破坏方式和滑动面位置 ,然后重新建立模型 ,加入搜索得到的滑动面和加固措施 ,由有限元迭代解法求得其滑动面的安全系数 .通过该法确定了 Dr2 危岩体最危险滑动面 ,并计算得到了每项加固措施对危岩体抗滑稳定安全性的贡献度 ,为加固措施的优化提供了一个很好的参考依据 .

关键词 :索风营电站 ;Dr2 危岩体 ;边坡稳定 ;稳定安全度

中图分类号 :TU457 **文献标识码 :**A **文章编号 :**1000-1980(2009)06-0691-06

随着国民经济的发展 ,特别是西部大开发政策的实施 ,水利工程、铁路、公路及城市等基础设施建设方兴未艾 ,在这些工程中经常要涉及边坡稳定分析的问题 ,如大坝坝肩、水库库岸稳定等 .边坡工程研究的目的是通过对边坡稳定性的分析和评价 ,确定边坡是否需要采取加固措施 ,研究具有破坏危险的边坡在加固前、加固过程中及加固后的稳定性 ,为科学评价加固措施的合理性和加固效果提供科学依据 .本文在有限单元法的基础上 ,应用有限元强度折减法和安全系数迭代解法相结合的分析方法 ,对索风营水电站 Dr2 危岩体(以下简称危岩体)的稳定安全度进行了研究 ,对类似不良地质条件的高边坡加固处理具有一定的参考价值 .

1 工程概况

索风营水电站位于贵州省修文县和黔西县交界的乌江干流六广河段 ,左岸属于毕节黔西县 ,右岸属贵阳修文县和清镇市辖区 .危岩体位于索风营水电站进水口右上方 ,距进水口水平距离 100 m 左右 ,距右坝肩最近水平距离 140 m ,是坝址区规模最大、危害严重的危岩体 ,其典型剖面见图 1 .危岩体高程 1080 m 以上为 T_1m 灰岩地层形成的缓坡平台 ,地表有厚 0.5 ~ 1.5 m 残坡积黏土夹碎石分布 ,地形坡度 5° ~ 10° ;高程 960 m 以下为崩塌堆积体形成的斜坡 ,地形坡度 24° ~ 40° ;高程 960 ~ 1080 m 为 T_1m 灰岩形成的陡壁 ,地形坡度大于 70° ,局部形成倒悬坡 .危岩体平面长轴呈南北向 ,并向西侧凸出 ,东侧由约弧面的裂缝 L_1 构成后缘边界 ,底部终止于 T_1y^3 泥岩 ,缝面以 100% 的贯通率考虑 .危岩体沿陡壁长约 180 m ,上窄下宽 ,垂直陡壁方向宽 29 ~ 37 m ,分布在高程 870 ~ 1085 m 之间的体积约为 78.5 万 m^3 ,其中高程 960 m 以上体积约 54 万 m^3 .

危岩体岩性主要为 T_1m 灰色薄层至中厚层灰岩、白云质灰岩 ,底部为九级滩 T_1y^3 灰绿色、紫红色泥岩夹泥灰岩及灰岩 ,形成危岩体基座 .危岩体内主要发育有底座 T_1y^3 泥岩 ,泥岩底部与 T_1y^{2-3} 顶部交界的夹层 J1 , T_1y^3 泥岩内部的夹层 J2 , T_1y^3 泥岩顶部与 T_1m^1 底部交界的夹层 J3 , T_1m^1 内发育的夹层 J4 . 4 个夹层均可能为危岩体的滑移面 .

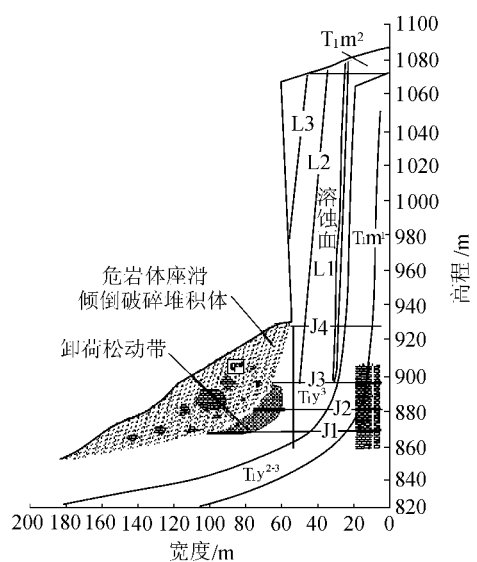


图 1 危岩体典型剖面
Fig. 1 Typical section of endangered rock mass

危岩体在电站施工及运行期任一阶段失稳都将给工程带来不可估量的损失.危岩体可能的破坏方式,加固措施的选择,加固前、加固过程中及加固后的危岩体稳定安全度情况,都是关注的重点.

2 危岩体稳定分析方法的选择

随着计算机技术和有限元技术的发展,有限元法开始在边坡分析中得到广泛的应用^[1-3],特别是有限元强度折减法成为近年来边坡稳定分析的新趋势.该法克服了极限平衡法的不足,能够充分考虑土体变形、渗流效应、复杂的边界条件、水位骤降、地震荷载的影响,优点比较明显^[4-7].但一个关键问题是如何判断结构达到极限状态,即如何定义边坡的失稳判据^[3-4,8-11].工程界目前还没有统一的标准.对此本文采用边坡稳定分析的非线性有限元混合解法^[12]对索风营水电站危岩体的稳定性进行分析,该法将有限元强度折减法和有限元迭代解法^[13]联合运用于边坡稳定分析,充分利用这 2 种方法的优点.即用有限元强度折减法搜索边坡可能的滑动面,将滑动面在模型中画出,最后用有限元迭代解法分析边坡沿可能滑动面的安全系数.

3 危岩体破坏方式的确定

3.1 危岩体可能的破坏模式

确定危岩体最可能的破坏方式非常重要,只有在此基础上才能采取有效的加固措施.根据危岩体的结构特点和地质条件,初步确定危岩体的可能破坏模式有 3 种:(a)倾倒破坏;(b)滑移破坏;(c)座滑破坏.根据这 3 种破坏模式,并综合考虑危岩体所处地理位置分析认为,危岩体的破坏应以剪切(座滑)破坏模式为主,其次为倾倒、滑移破坏模式.

a. 对于倾倒破坏模式,必须有足够的倾覆力矩,并在下部泥岩有较大变形时,才有可能发生,其主要控制因素是泥岩的变形条件,当泥岩形成较小变形时,虽不能使危岩体产生整体倾倒,但可能使上部局部块体产生倾倒,故局部的倾倒破坏可能性较大.

b. 不论是何种破坏模式,其临空面的大小是主要的影响因素,从危岩体目前的形状看,主要的临空面在近西向,而该方向产生剪切(座滑)破坏的可能性最大,产生顺层滑动的可能性较小.

c. 从危岩体外侧堆积物物质成分及分布情况分析,其主要堆积物为灰岩碎块石及少量大孤石,且分布在危岩体外侧周边斜坡地带.假如早期以顺层滑移破坏为主,则现今的堆积物就应以大孤石为主,并且应主要分布在靠上游侧的斜坡地带,故认为堆积物应为早期危岩体崩塌、座滑的堆积物,据此推测危岩体的破坏应以座滑和崩塌破坏模式为主.危岩体的勘探平硐揭露,危岩体底部 T_1y^3 泥岩因受上部荷载作用,已有一定的压缩变形,在底部 T_1y^3 泥岩中 $35^\circ \sim 45^\circ$ 方向上,存在着一定数量的断续的小范围弱结构面,从而进一步说明危岩体座滑破坏的可能性最大.

3.2 有限元法分析结果

建立危岩体的有限元模型如图 2 所示.模型共 15 488 个节点,13 086 个单元.危岩体的岩体部分采用八节点六面体等参单元,软弱结构面采用近似矩形或长方体的常规薄层单元^[14]来模拟,用有限元强度折减法对上述模型计算分析.计算参数如表 1 所示.图 3 给出了危岩体在破坏时典型剖面上危岩体的塑性区图,根据塑性区图可判断出危岩体的可能滑动面有 2 个,位置如图 4 所示.

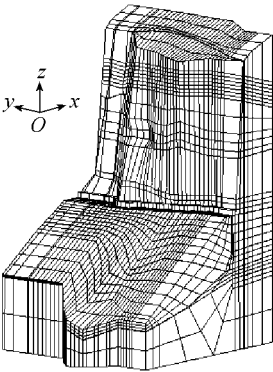


图 2 危岩体初次网格
Fig. 2 First FEM meshes for
endangered rock mass

表 1 计算参数

地层及岩性	风化 程度	密度/ ($g \cdot cm^{-3}$)	变形模量/ GPa	泊松比	抗剪断强度	
					f'	c/MPa
薄层白云岩(T_1m^2)	弱	2.68	5.0	0.32	0.65	0.60
薄-中厚层灰岩(T_1m^1)	弱	2.68	5.0	0.30	0.70	0.70
泥岩、粉砂质泥岩(T_1y^3)	微	2.67	2.0	0.32	0.45	0.30
白云灰岩(T_1y^{2-3})	弱	2.69	1.0	0.25	1.00	1.00
J1 J3 J4		2.65	1.5	0.35	0.35	0.01
J2		2.65	1.5	0.35	0.30	0.01
Ⅲ号堆积体内部		2.00	1.5	0.30	0.50	0.01
Ⅲ号堆积体界面		2.00	1.5	0.30	0.40	0.02
L1 L2 L3 裂隙回填材料		2.30	15.0	0.20	0.70	0.30

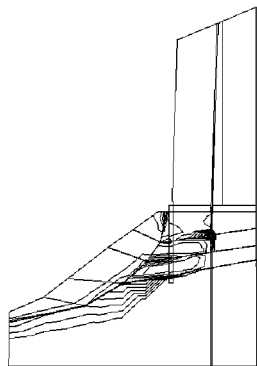


图 3 极限状态时典型剖面塑性区

Fig. 3 Plastic zone of typical section at critical state

根据有限元强度折减法搜索得到的可能滑动面位置,将其在新模型中画出(图 5)模型共有 39 841 个节点,36 488 个单元,计算得到第一种可能滑动面的安全系数为 1.1709,第二种可能滑动面的安全系数为 1.0519,则后者为危岩体的最危险滑动面,同时可以看出危岩体的破坏方式为座滑,最危险滑动面从危岩体的 L1 缝和 J3 结构面的交界处开始,穿过 J2 结构面和危岩体底部 T_{1Y}^3 地层和 J1 软弱结构面相交,最后沿着Ⅲ号堆积体界面滑出,与根据地质条件分析得到的结论一致。

4 加固措施

根据以上地质条件及分析,对可能发生的破坏形式,采用“上拉下固”的总体加固原则,对危岩体上部的加固主要采用“拉”的方式,以治理上部可能的倾倒变形,中、下部的加固则主要针对座滑失稳,采用阻滑和抗剪的措施,以期加固后的边坡稳定安全系数 $K \geq 1.2$ 。由于地质条件的复杂性,综合考虑加固措施的效果和施工难度,并结合有限元计算成果,经过多次优化调整,主要采取以下加固措施:

4.1 上部岩体加固措施

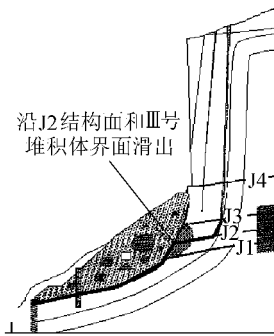
(a)在危岩体坡顶部进行地梁和锚杆锚索的锚固处理以及混凝土封闭处理;(b)在顶部 L1 裂缝后侧设置 2 道截水沟,防止地表水流入危岩体裂缝内,并将施工用水汇至地表排水沟及时排走;(c)在高程 1060 m 和 1040 m 施工支洞向坡面方向布置 176 根 2000 kN 无黏结预应力锚索,纵向 8 排、横向 22 列,共计 176 根;(d)对整个危岩体外表面宜进行拉网喷锚;(e)对 L1 裂缝灌注 C15 混凝土或 M10 水泥砂浆,L1 裂缝回填后,在预应力锚索作用下,侧滑面上存在的摩擦力对危岩体抗座滑或滑移的稳定非常有利。

4.2 下部加固措施

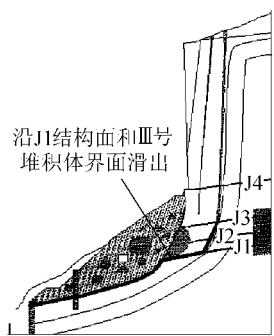
由于危岩体底部 T_{1Y}^3 地层内发育多条夹层, T_{1Y}^3 泥岩强度低,变形模量较小,为保证危岩体的抗滑和抗倾要求,要增大危岩体底部 T_{1Y}^3 地层的刚度,下部拟采取以下加固措施:(a)在抗滑桩施工时考虑对九级滩泥岩进行混凝土置换,以减少该层的压缩变形;(b)在高程 930 m 处往 T_{1Y}^3 九级滩泥页岩内布设 6 根直径 7 m 的圆形抗滑桩;(c)在高程 930 m 沿 J4 夹层布设 8 条 4 m × 5 m 锚固洞,在 940 m 布设 4 条 4 m × 5 m 锚固洞。

5 加固措施评价

根据加固措施进一步完善危岩体的边界条件,将危岩体 2 个侧边向外各延伸 80 m,有限元模型与加固措施的位置如图 6 所示。模型共有 42 649 个节点,39 008 个单元(含 107 个梁单元)。



(a) 第一种滑动面



(b) 第二种滑动面

图 4 可能滑动面位置

Fig. 4 Positions of potential slip surfaces

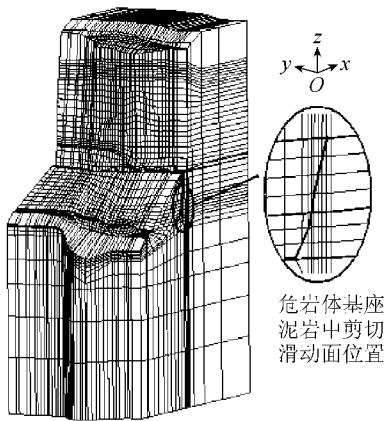


图 5 包含可能滑动面的二次网格

Fig. 5 Second FEM meshes including potential slip surfaces

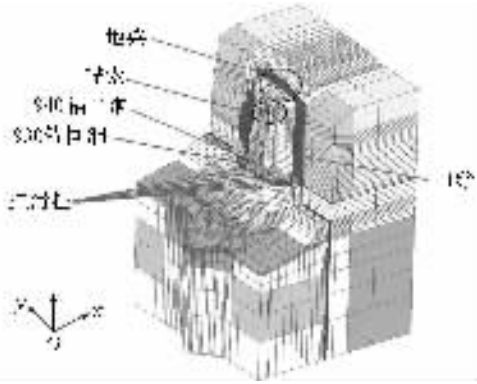


图 6 加固措施的计算网格

Fig. 6 FEM meshes for reinforcement measures

目前,危岩体在自然状态下是保持稳定状态的,当危岩体受到外界因素(风化作用、雨水作用、爆破、开挖等因素)的影响使得岩体性能参数减小时,或者危岩体受到外荷载作用时,危岩体才有可能发生破坏.在危岩体的加固措施中,除预应力锚索外,其他的加固措施对危岩体的应力改变很小,所以只有当危岩体有滑动趋势时,加固措施(抗滑桩、锚固洞)才能发挥作用.为了合理模拟危岩体的实际情况和定量分析加固措施对危岩体抗滑稳定性的作用,分析时主要分为 2 步:(a)模拟分析危岩体加固前的初始应力状态;(b)对某种工况分析时,计入该工况的初始应力状态(包括滑动面上的屈服情况),在此基础上对危岩体滑动面上的材料抗剪参数进行折减,以模拟抗滑桩和锚固洞对危岩体稳定性的影响.

根据危岩体的加固方案及其加固过程,为反映出各个加固措施对危岩体稳定性的影响,计算时共有 14 个工况.用有限元迭代解法对危岩体最危险滑动面的安全系数进行分析,计算结果见表 2.

表 2 各种工况下危岩体沿最危险滑动面的抗滑稳定安全系数

Table 2 Safety factors of most dangerous slip surfaces under various working conditions

工况	加固措施	抗滑安全系数	安全系数增加值
1	危岩体在自然状态下,不考虑Ⅲ号堆积体的作用	1.041 2	
2	危岩体在自然状态下,考虑Ⅲ号堆积体的作用	1.053 0	0.011 8
3	对危岩体的顶部采取了地梁加固措施,并布置了 22 根 1 000 kN 的锚索	1.059 5	0.006 5
4	对危岩体底部的九级滩泥岩进行灌浆加固,以提高座滑面材料的抗剪参数	1.072 1	0.012 6
5	高程 1 060 m、1 040 m 处布置 176 根 2 000 kN 级锚索,第一次张拉到设计值的 20%	1.072 2	0.000 1
6	对 L1 和 L2 裂缝进行灌浆处理	1.120 2	0.048 0
7	对 176 根锚索进行第二次张拉,达到设计值	1.150 3	0.030 1
8	对 5 条勘探平洞进行回填	1.161 1	0.010 8
9	挖开第 1 根桩洞	1.161 0	-0.000 1
10	回填第 1 根桩洞	1.164 2	0.003 2
11	对 2~6 号抗滑桩依次顺序施工,分别开挖回填,直至第 6 根桩洞回填完成	1.183 8	0.019 6
12	对 930 m 高程的 8 条锚固洞进行开挖并回填	1.257 4	0.073 6
13	对 940 m 高程的 4 条锚固洞进行开挖并回填	1.284 3	0.026 9
14	优化前方案,对 940 m 高程的 10 条锚固洞进行开挖并回填	1.322 7	0.065 3

从表 2 可以看出:

a. 在自然状态下,危岩体沿着实际滑动面的安全系数为 1.053 0,不能满足规范要求.采取加固措施后,危岩体抗滑稳定的安全系数提高了 0.231 3,安全系数为 1.284 3,达到预期目标.

b. 灌浆和锚索的联合作用,使得危岩体和裂缝 L1 后的背岩紧贴在一起,高程 930 m 和 940 m 锚固洞的实施,不仅为危岩体提供了阻滑力,还在一定程度上限制了危岩体底部的张开,极大地限制了危岩体的变形,使得危岩体的滑动趋势发生了改变.抗滑桩的实施增大了危岩体基座的刚度,与无抗滑桩的工况相比,当边坡达到极限平衡状态后,危岩体的基座位移变形减小.

c. 在优化前方案中,高程 940 m 布置 10 条锚固洞,最终安全系数为 1.322 7,考虑到高程 940 m 施工难度较大,在满足工程设计要求的基础上,将高程 940 m 锚固洞的数量调整到 4 条.

从图 7(a)中可以看出,危岩体在自然状态下,当滑动面抗剪参数的折减系数为 1.053 0 时,危岩体滑动趋势的半径较大,危岩体上部向后倾倒,底部向坡脚滑动.从图 7(b)中可以看出,加固措施全部实施以后,当滑动面抗剪参数的折减系数为 1.284 3 时,危岩体的滑动趋势发生了变化,只在九级滩泥岩和Ⅲ号堆积体中有比较明显的滑动趋势.

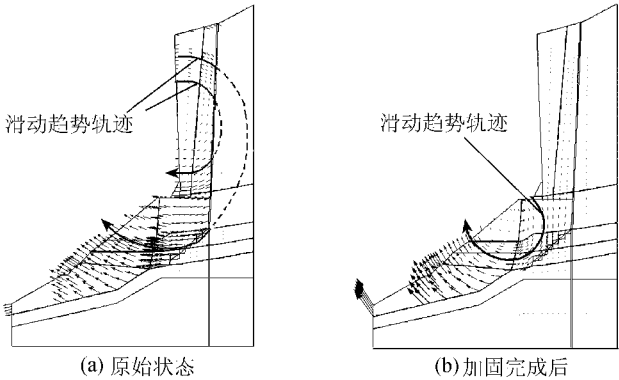


图 7 典型剖面位移向量示意图

Fig. 7 Displacement vectors of typical section

6 结 论

a. 将有限元强度折减法和有限元迭代解法联合运用于边坡稳定分析,可以充分利用 2 种方法的优点。用有限元强度折减法搜索边坡可能的滑动面,将滑动面在模型中画出,用有限元迭代解法对边坡可能滑动面进行分析,以滑动面上的滑动力与阻滑力平衡作为边坡极限状态的判据,避开了有限元强度折减法中难以定义边坡失稳判据的问题,且得到的安全系数更符合刚体极限平衡基础上的相应规范要求。

b. 通过分析可以得到,危岩体的破坏方式为座滑,滑动面从危岩体的 L1 缝和 J3 结构面的交界处开始,穿过 J2 结构面和危岩体底部 T_{1y}^3 地层和 J1 软弱结构面相交,最后沿着Ⅲ号堆积体界面滑出。分析座滑原因主要是因为上百米高的陡立岩柱重荷直接作用在下部软岩基座上,在重力或其他外荷载作用下,基座软岩已遭到不同程度的破坏,并形成断续的压碎剪切面。

c. 通过边坡稳定分析的非线性有限元混合解法确定了危岩体的最危险滑动面,计算得到了每项加固措施对危岩体抗滑稳定安全性的贡献度,为加固措施的优化提供了一个很好的参考依据。

参考文献:

- [1] ZIENKIEWICZ O C, HUMPESON C, LEWIS R W. Associated and nonassociated visco-plasticity in soil mechanics [J]. Geotechnique, 1975, 25(4): 671-689.
- [2] MATSUI T, SAN K-C. Finite element slope stability analysis by shear strength reduction technique [J]. Soil and Foundations, 1992, 32(1): 59-70.
- [3] GRIFFITHS D V, LANE P A. Slope stability analysis by finite elements [J]. Geotechnique, 1999, 49(3): 59-70.
- [4] 赵尚毅, 郑颖人, 时卫民, 等. 用有限元强度折减法求边坡稳定安全系数 [J]. 岩土工程学报, 2002, 24(5): 343-346. (ZHAO Shang-yi, ZHENG Ying-ren, SHI Wei-min, et al. Analysis on safety factor of slope by strength reduction FEM [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2002, 24(5): 343-346. (in Chinese))
- [5] 刘明维, 郑颖人. 基于有限元强度折减法确定滑坡多滑动面方法 [J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(8): 1544-1549. (LIU Ming-wei, ZHENG Ying-ren. Determination method of multi-slip surfaces landslide based on strength reduction FEM [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2006, 25(8): 1544-1549. (in Chinese))
- [6] 郑颖人, 赵尚毅, 张鲁渝. 用有限元强度折减法进行边坡稳定分析 [J]. 中国工程科学, 2002, 4(10): 57-62. (ZHENG Ying-ren, ZHAO Shang-yi, ZHANG Lu-yu. Slope stability analysis by strength reduction FEM [J]. Engineering Science, 2002, 4(10): 57-62. (in Chinese))
- [7] 朱岳明, 孙统立, 吴键. 安康水电站尾水边坡 2 号复合滑坡体稳定分析 [J]. 水利水电科技进展, 2004, 24(4): 8-11. (ZHU Yue-ming, SUN Tong-li, WU Jian. Stability analysis of No. 2 compound landslide on the right tailwater bank of Ankang Hydropower Station [J]. Advances In Science and Technology of Water Resources, 2004, 24(4): 8-11. (in Chinese))
- [8] 赵尚毅, 郑颖人, 张玉芳. 极限分析有限元法讲座 II: 有限元强度折减法中边坡失稳的判据探讨 [J]. 岩土力学, 2005, 26(2): 332-336. (ZHAO Shang-yi, ZHENG Ying-ren, ZHANG Yu-fang. Study on slope failure criterion in strength reduction finite element method [J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, 26(2): 332-336. (in Chinese))
- [9] 栾茂田, 武亚军, 年廷凯. 强度折减有限元法中边坡失稳的塑性区判据及其应用 [J]. 防灾减灾工程学报, 2003, 23(3): 1-7. (LUAN Mao-tian, WU Ya-jun, NIAN Ting-kai. An alternative criterion for evaluating slope stability based on development of plastic zone by shear strength reduction FEM [J]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering, 2003, 23(3): 1-7. (in Chinese))
- [10] 刘柞秋, 周翠英, 董立国, 等. 边坡稳定及加固分析的有限元强度折减法 [J]. 岩土力学, 2005, 26(4): 558-561. (LIU Zuo-qiu, ZHOU Cui-ying, DONG Li-guo, et al. Slope stability and strengthening analysis by strength reduction FEM [J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, 26(4): 558-561. (in Chinese))
- [11] 刘金龙, 栾茂田, 赵少飞, 等. 关于强度折减有限元方法中边坡失稳判据的讨论 [J]. 岩土力学, 2005, 26(8): 1345-1348. (LIU Jin-long, LUAN Mao-tian, ZHAO Shao-fei, et al. Discussion on criteria for evaluating stability of slope in elastoplastic FEM based on shear strength reduction technique [J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, 26(8): 1345-1348. (in Chinese))
- [12] 颜天佑, 李同春, 赵兰浩, 等. 边坡稳定分析的非线性有限元混合解法 [J]. 岩土力学, 2008, 29(增刊): 389-393. (YAN Tian-you, LI Tong-chun, ZHAO Lan-hao, et al. A mixed nonlinear finite element method for slope stability analysis [J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, 29(S): 389-393. (in Chinese))
- [13] 李同春, 卢智灵, 姚伟明, 等. 边坡抗滑稳定安全系数的有限元迭代解法 [J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(3): 446-450. (LI Tong-chun, LU Zhi-ling, YAO Wei-ming, et al. Finite element iteration method for stability safety factor of slopes against sliding [J].

Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering 2003 22(3):446-450.(in Chinese))

[14] 姚伟明,李同春,任旭华,等.带软弱结构面岩体的弹塑性有限元分析[J].河海大学学报:自然科学版,1999,27(3):34-38.
(YAO Wei-ming,LI Tong-chun,REN Xu-hua,et al.Elasto-plastic FEM analysis for rock mass with weak surfaces[J].Journal of Hohai University:Natural Sciences,1999,27(3):34-38.(in Chinese))

Finite element analysis for safety factor of Dr2 endangered rock mass of Suofengying Hydropower Plant

YAN Tian-you¹, LI Tong-chun¹, ZHENG-Zhi², DUAN Jin-lin²

- (1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China ;
- 2. Guiyang Hydropower Investigation Design and Research Institution, CHECC, Guiyang 550002, China)

Abstract : The stability of the Dr2 endangered rock mass of the Suofengying Hydropower Plant was analyzed using the mixed non-linear finite method for analysis of slope stability. Firstly, the strength reduction method was employed to search for the potential slip surface so as to determine the most likely failure mode and position of the slip surface of the endangered rock mass. Then, a new model was established, and the slip surface and reinforcement measures were introduced into it. The safety factor of the slip surface was obtained with the finite element iteration method. Using the proposed method, the most dangerous slip surface of the Dr2 endangered rock mass was determined, and the contribution of every reinforcement measure to the stability safety factor of the slip surface was quantified, providing a good reference for the optimization of the reinforcement measures.

Key words : Suofengying Hydropower Plant ; Dr2 endangered rock mass ; slope stability ; safety factor

《Water Science and Engineering》征订启事

《Water Science and Engineering》(WSE,水科学与水工程)是由河海大学创办的具有鲜明水科学与水工程特色、以水问题相关理论和实践为论述主题的英文学术期刊。WSE 创刊于 2008 年,每季末月 30 日出版,B5 开本,彩色印刷,每期 120 页,国内外公开发行,国际标准连续出版物号:ISSN1674-2370,国内统一连续出版物号:CN32-1785/TV。

WSE 主要刊登水科学研究、水工程建设、水资源保护、水生态修复等方面原创性研究(技术)论文,着重报道关于地球水圈研究的新事实、新概念、新理论、新方法;交流在江河治理、跨流域调水、水电能源、生态修复等水工程建设中的新技术和新经验以及国内外相关学术会议及技术交流等动态信息。主要读者对象是与水科学研究和水工程建设有关的国内外科研人员、工程技术人员以及高校师生等。

WSE 每期定价 50 元,全年 200 元(含邮费)。本刊自办发行,订阅本刊,可直接与 WSE 编辑部联系。

编辑部地址:南京市西康路 1 号 河海大学《Water Science and Engineering》编辑部

邮编 210098

电话/传真 025-83786363

E-mail :wse@hhu.edu.cn

网址 :kbb.hhu.edu.cn/wse/index_wse.htm