

EMU 在泸定水电站进口边坡抗震设计中的应用

魏雪斐 涂兴怀 付成华

(西华大学能源与环境学院 ,四川 成都 610039)

摘要 利用 EMU 软件计算地震工况下 3 号泄洪洞进口边坡的稳定性。首先模拟泸定水电站右岸泄洪洞进口边坡地形、地质条件 ,建立分析模型 ,考虑无支护措施情况 ,跟随开挖施工过程计算边坡稳定安全系数。结合无支护措施的计算结果在边坡的必要部位施加支护措施 ,再进行稳定性计算。对比加固前后边坡的稳定性分析结果调整支护措施 ,以达到安全、经济、合理的目的 ,为设计和施工提供依据。

关键词 EMU 边坡 稳定分析 加固措施

中图分类号 :U213.1⁺3 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2009)S1-0101-03

1 工程概况

泸定水电站位于四川省甘孜藏族自治州泸定县境内 ,为四川省大渡河干流水电规划调整推荐 22 级方案中的第 12 个梯级电站。枢纽工程区河流凸向左岸 ,坝址左岸下游有四湾村古滑坡堆积体展开和区域性泸定断裂通过 ,不宜布置引水发电建筑物。右岸为凸岸 ,地形较开阔 ,引水线路较左岸短 ,具有修建地面及地下厂房的地形地质条件。由于右岸距泸定断裂近 ,受多次构造运动影响 ,闪长岩、花岗岩体节理、裂隙以及小型构造破碎带较发育 ,岩体完整性较差 ,加之后期风化、卸荷作用 ,岩体强度也有所降低。

笔者采用由陈祖煜开发的岩质边坡稳定分析程序——EMU^[1] ,运用摩尔-库仑破坏准则及 Hoek-Brown 经验方法确定强度的准则 ,用 Sarma 法^[2]和能量法对 3 号泄洪洞进口纵剖面边坡进行抗震稳定计算 ,对泸定水电工程的安全运行具有重要意义。该水电站工程场地地震基本烈度为 8 度 ,参照 DL 5180—2003《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》的有关规定 ,泸定水电站工程进口边坡为一级边坡 ,采用六级开挖。3 号泄洪洞进口纵剖面边坡范围及岩层分布如图 1 所示 ,计算选取的岩体物理力学参数见表 1。

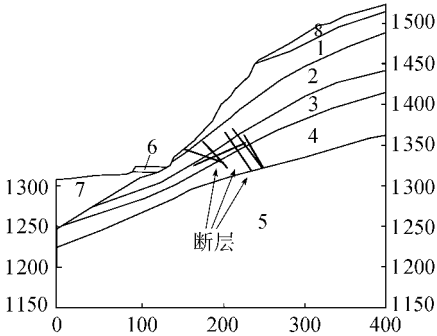


图 1 3 号泄洪洞进口纵剖面边坡岩层分布(单位 :m)

表 1 岩体物理力学参数

岩层材料编号	岩土类别	变形模量/ MPa	泊松比	$\varphi'/$ ($^{\circ}$)	$c'/$ MPa	天然 密度/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	饱和 密度/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
1	弱风化强卸荷	3000	0.35	35	0.4	2580	2600
2	弱风化弱卸荷	5000	0.3	39	0.7	2600	2620
3	弱风化下	6500	0.3	42	0.75	2600	2620
4	微风化	8000	0.3	45	0.8	2600	2620
5	新鲜	10000	0.25	50	1.5	2620	2650
6,8	覆盖层 1	35	0.4	26	0	2050	2180
7	覆盖层 2	50	0.4	30	0	2150	2180
8	断层	50	0.4	22	0	1850	1900

2 无支护情况抗震稳定性分析

在 EMU 软件中建立岩(土)层模型时 ,各岩(土)层界面所采用的力学指标都输入该层的平均值 ,并指定每层的编号。在考虑地震工况时 ,地震动参数分别取 0.246 g、0.325 g 和 0.404 g。原始模型如图 2 所示。

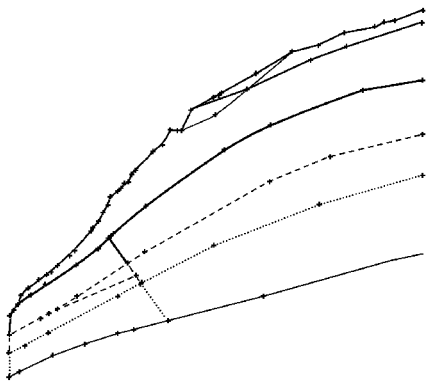


图2 岩层原始模型

然后分别建立各级开挖的 EMU 模型,采用多块体破坏机制^[3]模拟为折线滑裂面,在软件中输入不同的地震动参数,计算出 3 号泄洪洞进口纵剖面边坡在各地震动参数下的稳定安全系数,计算结果见表 2。图 3 是提取出的 3 号泄洪洞纵剖面在地震动参数为 0.325 g 条件下的最危险滑裂面稳定计算图。

表2 无支护作用下 3 号泄洪洞进口纵剖面边坡稳定安全系数

动参数	一级开挖	二级开挖	三级开挖	四级开挖	五级开挖	六级开挖
0.246g	1.7206	1.6072	1.4808	1.3432	1.3156	1.2058
0.325g	1.4138	1.4082	1.3329	1.2327	1.2028	1.1010
0.404g	1.2953	1.2846	1.2237	1.1355	1.0993	1.0329

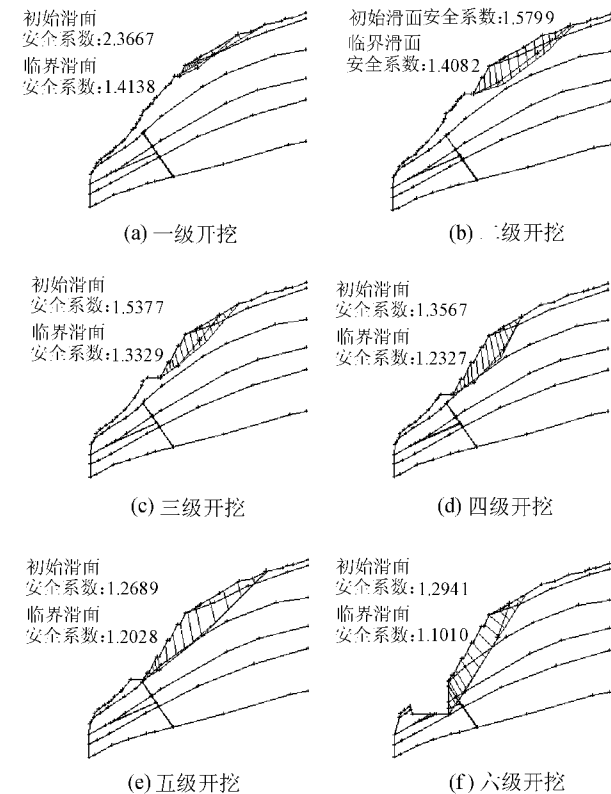


图3 无支护作用 0.325g 动参数下 3 号泄洪洞进口纵剖面边坡稳定计算

根据 DL5180—2003《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》规定,水工建筑物边坡为一级时,允

许最小抗滑安全系数为 1.10~1.05,对安全级别较高的水电工程,或重要的失稳风险较大的边坡,以及不确定因素较多的边坡,采用高值,故泸定水电站工程边坡允许稳定最小安全系数在地震动工况下取 1.10。由计算结果可以看出,无支护作用的边坡在施工过程中随着地震动参数的增加,边坡的稳定安全系数明显减小,且在不同地震动参数作用下前五级开挖边坡的稳定安全系数均满足规范要求,边坡整体处于稳定状态,第六级开挖 0.325g 动参数作用下边坡稳定安全系数在临界值附近,在 0.404g 动参数作用下第五、第六级开挖边坡稳定安全系数不满足规范要求,所以需要采用相应的加固措施。

3 有支护情况抗震稳定性分析

通过对无支护情况下 3 号泄洪洞进口边坡的稳定分析^[4],看出施加支护的必要性,根据边坡地质资料及水工规范要求研究得出支护措施如下:①边坡高程为 1315.00~1384.00 m 时为临时边坡,坡高为 69.00 m,但进水口混凝土浇筑前垂直段边坡处于临空状态,故考虑 6 排间距为 6.0 m,预应力锚索 $T=200\text{ t}$;②在 1384.00 高程以上多为 IV 围岩,设置锚索 $T=200\text{ t}$,间排距为 6 m,随机锚索的长度和方向视实际情况而定,尽量锚在新鲜岩体上;③全断面布置系统砂浆锚杆,锚杆直径为 25 mm,长度为 5 m 和 6 m,锚杆与水平面夹角为 15° ,间、排距均为 2.0 m,采用梅花形布置,锚杆入岩段全部灌注 200 号水泥砂浆,在岩石破碎带加随机锚杆或锚杆束,随机锚杆直径为 28 mm,长度为 9 m,锚杆束采用 2~3 根加固,其长度和方向视实际情况而定;④喷射混凝土厚度采用 10 cm,喷射混凝土标号为 C20 细石混凝土。在锚杆及排水孔施工完成后进行挂网,钢筋网的孔眼尺寸采用 $15\text{ cm}\times 15\text{ cm}$ 的方孔,钢筋采用 $\varnothing 8\text{ mm}$ 。

根据上述加固措施,建立施加支护后的 EMU 模型,计算 3 号泄洪洞进口纵剖面边坡的稳定安全系数,计算结果见表 3。图 4 是 3 号泄洪洞纵剖面在地震动参数为 0.325g 条件下的最危险滑裂面图。

表3 有支护作用 3 号泄洪洞进口纵剖面边坡稳定安全系数

动参数	一级开挖 未支护	一级支护 二级开挖	二级支护 三级开挖	三级支护 四级开挖	四级支护 五级开挖	五级支护 六级开挖	六级支护 完成后
0.246g	1.7206	1.7982	1.6470	1.9001	1.8047	1.6147	1.7313
0.325g	1.4138	1.5823	1.4937	1.7277	1.7254	1.5049	1.6082
0.404g	1.2953	1.4147	1.3430	1.6485	1.5970	1.4067	1.4965

从以上计算结果可见:考虑支护措施施工过程中,不同动参数作用下 3 号泄洪洞进口纵剖面边坡稳定安全系数增大,且均满足规范要求,边坡处于稳定状态,表明上述加固措施对于提高边坡的整体稳定性不但可行,而且效果明显。(下转第 118 页)

净,对井底进行修整使之成锅底形,由刃脚向中心挖出放射形排水沟,并填以卵石作为滤水暗沟,在中部设3个深度为1m的集水井,井间用盲沟相互连通,插入 $\varnothing 600$ mm周围带孔眼的钢管,四周填以卵石,使井底的水流汇集在井中,用潜水泵排出,保持地下水位低于基底面0.5 m。

封底前先铺0.8 m碎石,再在其上浇1层约0.6 m的混凝土垫层,在刃脚下切实填实,以保证沉井的最后稳定。达到设计强度的50%后,在垫层上绑钢筋,钢筋两端伸入刃脚或凹槽内,然后浇筑上层底板混凝土。浇筑在整个沉井面积上分层,同时不间断进行,由四周向中央推进,每层厚度控制在30 cm,分2层进行,并用振捣器捣实。当井内有隔墙时,前后左右对称地逐孔浇筑。混凝土养护为自然养护,养护期间要继续抽水。在底板强度达到70%后,对集水井逐个停止抽水,逐个封堵。封堵方

法采用将滤水井中水抽干,用干硬性的高强度混凝土进行堵塞并捣实。

3 结 语

该工程施工克服了诸多不利因素,成功地应用了沉井法施工,达到加快工程进度,降低施工费用的目的。保证了泵房深基础——沉井的准确到位,避免了突沉、超沉、位移、倾斜现象,保证了工程质量,为在江海滩涂地带施工类似工程积累了经验。

参考文献:

[1] 姚谨英. 建筑施工技术[M]. 3版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
[2] 腾少华. 建筑施工手册[M]. 4版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.

(收稿日期 2009-04-14 编辑: 方宇彤)

(上接第102页)

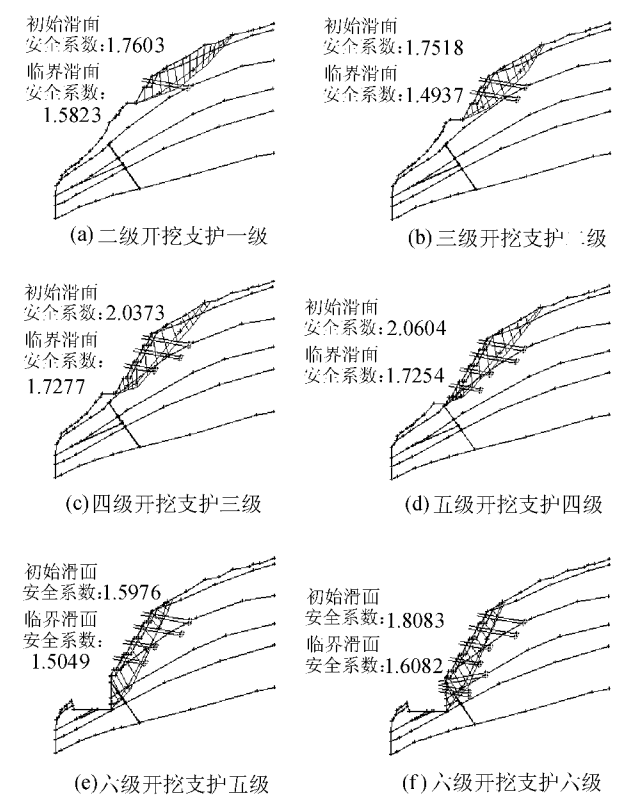


图4 有支护作用0.325g地震动参数下3号泄洪洞进口纵剖面边坡稳定计算

4 结 语

本文采用EMU软件模拟3号泄洪洞进口边坡的岩(土)层状况并计算出了采取支护措施前后的边坡稳定安全系数。计算表明,无支护措施施工过程中

中在不同动参数作用下前五级开挖边坡的稳定安全系数均满足规范要求,边坡整体处于稳定状态,但在第六级开挖0.325g动参数作用下边坡稳定安全系数在临界值附近,在0.404g动参数作用下第五、第六级开挖边坡稳定安全系数不满足最小稳定安全系数的要求。采取相应的加固措施后,不同动参数作用下3号泄洪洞进口纵剖面边坡稳定安全系数增大,均满足规范要求,边坡处于稳定状态。

综上所述,运用EMU软件计算出的边坡抗震稳定安全系数能够较好地反映边坡施工过程中的实际情况,对边坡采取的支护措施能明显地提高边坡的稳定性,设计是安全和合理的。考虑支护后,虽然开挖施工过程中边坡整体是稳定的,但存在局部块体失稳的可能,还需进一步模拟计算。

参考文献:

[1] 陈祖煜,汪小刚,杨健,等. 岩质边坡稳定分析—原理·方法·程序[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
[2] 张强勇,刘大文,蔡德文. Sarma法在加锚岩质高边坡安全稳定性评价分析中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(18): 3366-3372.
[3] 陆峰,陈祖煜,李素梅. 应用遗传算法搜索边坡最小安全系数的研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2003, 1(3): 236-239.
[4] 张磊,高文龙. 岩质边坡稳定性分析方法与治理方案探讨[J]. 电力勘测设计, 2006, 1(1): 16-19.

(收稿日期 2009-04-23 编辑: 方宇彤)