

水电站边坡滑面强度参数反演

章朝峰 (三峡大学水利与环境学院, 湖北宜昌 443002)

摘要 该边坡为大坝建设区安全、稳定性要求最高的边坡, 其整体稳定性直接影响到坝段的成立, 对坝址的选择具有决定性的影响。对该区域的地质、水文资料的观测推测该边坡整体上不稳定, 在现有资料的分析基础上, 判断该边坡可能的破坏模式为覆盖层内部的滑动和沿基覆界面的深层滑动。基于现场量测结果和边坡安全系数的计算方法, 对边坡的土体力学强度参数进行安全参数反演分析。

关键词 水电站; 边坡稳定性; 滑面强度参数; Bishop 法; Mogenshem-Price 法; 反演分析

中图分类号 S27 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)24-307-02

Inversion of a Hydropower Station Slope Slip Surface Strength Parameters

ZHANG Chao-feng (College of Hydraulic and Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002)

Abstract The accumulation of the dam construction area accumulation security, stability requires the highest accumulation, which directly affect the overall stability of the dam of the establishment, has a decisive influence on the choice of the dam site. According to the geological, hydrological observation data for the region as a whole speculate on the slope instability, based on the analysis of available information on the body to determine the accumulation of possible failure modes for overlay sliding inside and along the base of the deep cover interface slide. Based on field measurements and slope safety coefficient calculation method, safety parameter inversion analysis was conducted on strength parameters of slope soil mechanics.

Key words Hydropower station; Slope stability; Strength parameters of slide surface; Bishop method; Mogenshem Price method; Reverse analysis

电站建设区内边坡的稳定性问题对工程建设的可研起到举足轻重的作用, 并在很大程度上影响电站发电工程的经济评价^[1]。目前在岩石边坡稳定性分析中广泛采用的方法是数值分析法和刚体极限平衡法, 无论哪种分析方法, 其计算结果的精度很大程度上依赖于所选岩体的力学参数(C 内聚力, φ 内摩擦角)值的精确性^[2-6]。在实际应用中根据土体的强度参数的反演结果对边坡的稳定系数进行计算, 计算结果表明反演结果接近实际情况, 可以作为加固方案设计的依据。

1 工程地质概况

笔者所述工程区位于 NW 向的金沙江断裂带附近, 地质构造复杂, NW-NNW 向断裂构造发育, NEE 向断裂构造较为发育, 岩体变质较深、褶皱强烈, 节理裂隙发育。区内岩性按其工程地质性质分为两组上段为大理岩组, 下段为片麻岩组。通过工程地质测绘和钻探表明, 区内的主要控制性断层为断层 F1、F9-1 及推测断层 F209, 另外, 中坝址左岸岸坡主要发育 NE 向、NNW 向断层, 对边坡稳定的影响很大。

2 参数反演分析

2.1 参数反演思路及确定安全系数 笔者根据对边坡的地质、水文进行分析, 在现有资料的分析基础上, 利用 Slide 软件对边坡进行各工况下的刚体极限平衡法分析时, 选用 Bishop 圆弧法计算发生在覆盖层内部的滑动破坏。在天然工况与地震工况下, 边坡整体处于稳定状态, 对照 DLT5353-2006《水电水利工程边坡设计规范》, 判断边坡的类别及等级, 按通过搜索最危险滑面和接触面滑带来反演参数, 剖面在最不利工况下处于极限平衡状态, 求得此时的参数即为滑带所在的岩土层的抗剪力学参数的下限值。

现场调查表明, 边坡在自然状态下整体稳定性较好, 目前仅在边坡前缘处见有明显的变形迹象外, 但未见有整体变形的迹象。另外, 边坡在遭遇 1985 年当地发生的 6.4 级地震时, 也未发生过整体失稳, 这说明边坡在天然和地震工况下的安全系数有一定裕度。综合上面的分析, 按地震加速度 $0.05g$ ^[7], 稳定系数在 1.01~1.05 之间对岩土体力学参数进行反演。

2.2 反演条件 参数反演过程中, 对边坡进行反演。边坡覆盖层主要由 Qde1 + col 构成, 还有少量 Qcol。

根据地质资料提供的边坡的初始力学参数取值为岩体覆盖层的 φ 值为 27° ; C 值为 54 kPa; 天然容重为 17.5 N/m^3 ; 饱和容重为 18.0 N/m^3 。采用 slide 软件中的 Bishop 法和 Mogenstern-Price 法, 并结合工程经验, 依次对上述各剖面的力学参数进行反演^[8]。

剖面模型如下, 其中模型宽 1 053 m, 高 875 m。

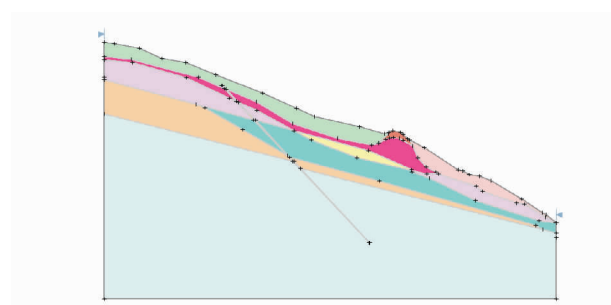


图1 剖面计算模型图

(1) Bishop 圆弧法参数的反演。剖面边坡反演 Qde1 + col 参数, 在地震工况下, 得到以下计算结果:

依据表 1 的计算结果, 作剖面滑带安全系数 k 值与 C 值的关系曲线如图 2 所示。

3 反演结果与分析

根据上面边坡各剖面各滑带参数反演所绘制的 $k-C$ 关

系曲线,可以得出不同 φ 值情况下所对应的 C 值,采用 Bishop 圆弧法反演的参数结果如表 2 所示。

表 1 剖面边坡参数反演所确定的安全系数(k)

C kPa	$\varphi/^{\circ}$					
	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	28.0
50	1.038	1.041	1.042	1.042	1.045	1.049
51	1.042	1.044	1.044	1.048	1.049	1.053
52	1.046	1.045	1.046	1.052	1.055	1.058
53	1.051	1.054	1.048	1.056	1.059	1.062
54	1.054	1.057	1.051	1.063	1.062	1.067
55	1.056	1.063	1.057	1.069	1.069	1.071

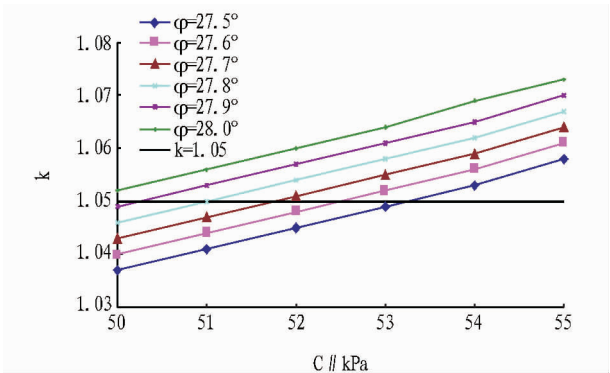


图 2 剖面边坡 k - C 关系曲线

表 2 剖面边坡反演 (Q^{de1+col}): k=1.05 (地震工况)

$\varphi/^{\circ}$	C//kPa	$\varphi/^{\circ}$	C//kPa
27.6	53	27.8	52
27.6	50	27.9	51
27.7	53		

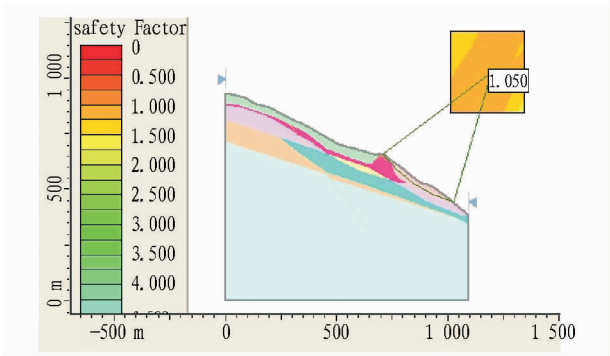


图 3 剖面边坡反演危险滑带位置

采用 Mogenstern - Price 折线法反演各滑带力学参数时发现,剖面反演结果显示,该断面发生接触带滑动破坏的可能性相比圆弧滑面破坏的可能性更高,此时参数建议取值 C 取 55 kPa, φ 取 28.0°。与之相反的是,其他 5 个剖面反演的参数值均偏低,与提供的相关地质参数出入较大,超出合理范围,故不予考虑。

以 C 值为准选取出各剖面各滑带各工况下各组数值,然后将边坡各剖面各滑带各工况的参数反演结果汇总如下:

表 3 边坡剖面参数反演汇总 (地震工况, k=1.05)

滑带类型	C//kPa	$\varphi/^{\circ}$
最不利滑带	52	27.9
接触面滑带	53	28.3

4 小结

综合以上计算分析结果,比照类似工程物理力学参数 (表 1),最终选取在接触带滑动破坏模式^[9]下剖面反演边坡强度参数 ($C=54$ kPa, $\varphi=27.0^{\circ}$) 作为边坡覆盖层的等效力学参数^[10],以此反映边坡的物理性质较为科学、合理。

文章结合极限平衡理论采用 Bishop 圆弧法和 Mogenstern - Price 折线法对边坡边坡进行了参数敏感性分析和参数反演,确定了边坡边坡的稳定性计算参数,即边坡覆盖层 C 值取 54 kPa, φ 取 27.0°。

参考文献

[1] 周云,艾明建,李幼华. 梯级水电站间水库调节效益偿付方法研究[J]. 水力发电,2000(3):7-10.

[2] 崔政权,李宁. 边坡工程——理论与实践的最新发展[M]. 北京:中国水利水电出版社,1999.

[3] 黄显贵,陈植华,郭英丽. 基于地震力的滑坡稳定性分析[J]. 安全与环境工程,2005(1):82-84.

[4] 蔡美峰. 岩石力学与工程[M]. 北京:科学技术出版社,2002.

[5] 刘迎曦,吴立军,韩国城. 边坡地层参数的优化反演[J]. 岩土工程学报,2001,23(3):315-318.

[6] 穆征,王方勇,李静,等. 基于模糊综合评价模型的河流水质综合评价[J]. 水力发电,2009,35(4):11-13.

[7] 陈厚群. 水工建筑物抗震设计规范修编的若干问题研究[J]. 水力发电学报,2011,30(6):4-10.

[8] 李守巨,刘迎曦,孙伟. 智能计算与参数反演[M]. 北京:科学出版社,2008.

[9] 黄东军,聂广明. 重力坝深层抗滑稳定安全评价若干问题的思考[J]. 水力发电学报,2005(4):90-94.

[10] 赵剑明,刘小生,陈宁,等. 高心墙堆石坝的极限抗震能力研究[J]. 水力发电学报,2009,28(5):97-102.