

四川某水库中缓倾角裂隙的概率分析

夏雄彬, 魏云杰, 杨根兰, 李 虎, 张 敏

(成都理工大学 环境与土木工程学院, 成都 610059)

摘 要:如何预测坝址区未揭露岩体中裂隙的分布是一个难点。通过采用全开挖面调查的方法,在该水库重要坝段已揭露裂隙精细描述的基础上进行统计分析,分别求解出裂隙平均间距和平均迹长符合的概率模型,进而找出两者之间符合的一般规律,达到通过揭露裂隙来预测未揭露岩体的裂隙分布,为大坝的施工建设提供具体的预测。

关键词:裂隙;概率分布;间距;迹长;相关性

中图分类号: TU457

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)02-0220-02

Probability Distribution Analysis of the Discontinuity in Some Reservoir of Sichuan Province

XIA Xiong-bin, WEI Yun-jie, YANG Gen-lan, LI Hu, ZHANG Min

(College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: It is a difficulty that how to forecast the regularities of unexposed discontinuities. Based on the precise measure of all the exposed discontinuities on the reservoir dam, the authors find the regularity of both the trace length and space length of discontinuities. According to the conclusion, we can afford guidance to the construction of the reservoir dam.

Key words: discontinuity; probability distribution; space length; trace length; correlation

1 引言

该水库位于涪江干流上,是涪江流域规划确定近期开发的以防洪、灌溉为主,结合发电兼顾城乡工业生活及环境供水等综合利用的大型水利工程。拦河大坝设计为碾压混凝土重力坝,因此大坝的抗滑稳定性显得尤为重要,而随机裂隙在大坝的抗滑稳定性中的重要性是毋庸置疑的。它不仅控制了岩体的基本力学特性,而且在一定条件下,可以构成工程岩体失稳的潜在几何和力学边界;在典型的裂隙岩体中,它还是局部岩体失稳最具普遍意义的控制边界。

由于随机裂隙在岩体中分布的随机性、普遍性及提供调查露头的局限性,因此如何查明随机裂隙的工程地质特征,一直是工程地质和工程岩石力学领域的难题。实际上,随机裂隙在岩体中的分布既有确定性的一面,同时又有随机非确定性的一面;对随机结构面的研究,既应采用确定性的方法,通过露头调查获得具体实际的岩体结构参数,同时,又要综合考虑调查露头的有限性、局限性,充分利用非确定性概率模型对岩体结构进行了精确描述。

为此对该水库的重要坝段的迹长大于0.4 m的中缓倾角的随机裂隙进行了详细的现场调查。在调研过程中,根据工程的实际情况,采用了全开挖面调查法,对重点部位揭露的符合统计条件的各级结构面进行了精细素描及特征描述。描述采用的指标包括结构面方位、间距、迹长、粗糙度、张开度和充填度等。总共获得各类裂隙计520条的详细资料。

在以往的调研过程中,大部分只是对裂隙的平均间距和平均迹长分别作出单独统计,以求解两者各自服从的一般概

率模型,而很少对它们之间有何种联系进行研究。因此本文将研究平均间距与平均迹长两者之间服从的一般规律。从而为以后的施工建设提供具体的预测。

2 节理基本特征

2.1 裂隙优势方向

对所有裂隙的产状数据进行统计,并绘制出裂隙的走向玫瑰花图,判断优势方向。如图1所示,统计的裂隙走向绝大部分都在 $N50^{\circ}-60^{\circ}E$ 范围内,裂隙的平均倾角约为 52° 。主要研究对象即为此组裂隙。

2.2 裂隙间距分析

裂隙间距是表征岩体强度、岩体结构、岩体完整程度的基本指标,已被广泛用来作为划分岩体结构、参与岩体质量的评价。按照各组裂隙间距最小值划分岩体结构的方法及对坝基开挖揭露的中缓倾角裂隙精细描述的基础上,以每5.0 m为段,分别计算裂隙间距。

在对520条节理间距数据的分析时发现:在本次统计过程中,超过60%的裂隙间距在0~1 m范围内;其次为1~2 m的范围;而裂隙超过3 m的只占极少数部分。具体情况可详见表1。

由图2看出,各项段岩体裂隙间距以0.5~1.0 m为主,岩体结构类型为块状结构;极少数区段裂隙间距小于0.5 m,为次块状结构或镶嵌结构,主要原因是受裂隙密集带的影响,岩体质量相对较差。

收稿日期:2007-03-14

作者简介:夏雄彬(1981-),男,硕士,主要从事岩土工程的研究。E-mail:xiaxiongbin@163.com

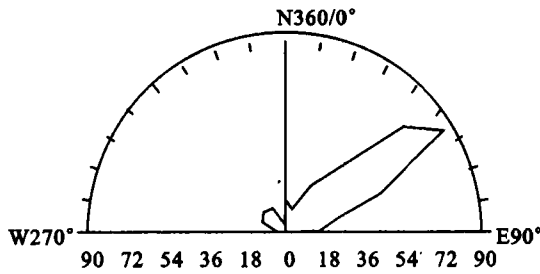


图 1 随机裂隙走向玫瑰花图

表 1 节理间距统计表

分段区间/m	条数	概率/%
0~1	332	63.85
1~2	130	25.00
2~3	52	10.00
>3	6	1.15
合计	520	100.00

2.3 裂隙迹长分析

对 10#—22# 坝段的裂隙的统计分析表明，裂隙迹长分布具有如下特征：

(1)统计区裂隙的迹长总体上较短小，主要集中在 2~10 m，占总裂隙条数的 72.3%，其中迹长 5~10 m 的占 38.7%；迹长小于 2.0 m 的裂隙相对较少，仅占总裂隙数的 5%；迹长大于 10.0 m 的裂隙约占总裂隙的 1/5。

(2)对缓倾角裂隙的统计分析表明：缓倾 SE(下游)的裂隙迹长一般在 2~10 m，平均迹长为 5.84 m；而缓倾 NW(上游)的裂隙迹长一般在 2~8 m，平均迹长为 7.04 m。该组裂隙中，迹长大于 10 m 的裂隙数量较多。

3 迹长与间距的相关性分析

3.1 间距的概率分布

为了更好的描述裂隙间距的特征，以 1 m 为统计区间，每组上限计在次组之内。通过结构面间距的统计分析发现：岩体内结构面的间距服从一定的统计规律，结构面间距概率密度大致服从负指数分布。

$$f^d(d) = \lambda_1 e^{-\lambda_2 d} (d > 0)$$

式中： λ_1, λ_2 ——裂隙间距分布参数； d ——裂隙间距(m)。

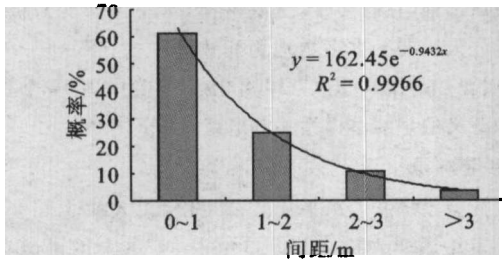


图 2 裂隙间距概率分布拟合曲线

经过拟合，可得本工程裂隙间距概率密度符合下面参数的负指数分布：

$$f^d(d) = 162.45e^{-0.9432d} \quad R^2 = 0.9966; d > 0 \quad (1)$$

由间距的概率分布进一步显示，坝区内岩体呈现为镶嵌碎裂结构，对大坝的建设很不利，需要进行工程处理后，才能利用该部分岩体。

3.2 迹长的概率分布关系

与间距分组一样，每组的上限值计入此组。对样本进行详细的统计分析，做出直方图，并进行曲线拟合，可以看出迹长的分布符合二次方程的分布规律。

$$f(L) = -48.75x^2 + 269.05x - 197.75 \quad R^2 = 1 \quad (2)$$

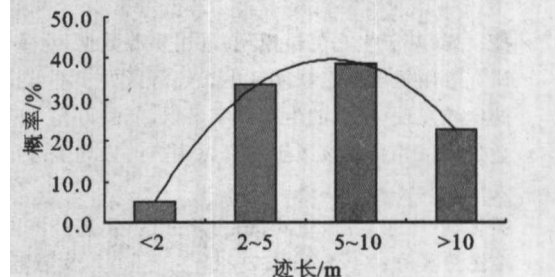


图 3 裂隙迹长概率分布拟合曲线

与普遍的工程岩体迹长符合的负指数分布规律相比，本工程调查的裂隙迹长符合多项式分布，如图 3 所示，迹长主要集中在 5~10 m 的范围内。

3.3 迹长与间距之间的相关性

迹长与间距的关系是工程建设者比较关心的问题，对所有中缓倾角裂隙的平均迹长和平均间距进行统计基础上，将有效数据进行曲线拟合，发现本工程中节理裂隙符合式(3)。

$$f(\bar{l}) = -0.263\bar{l}^4 + 0.5905\bar{l}^3 - 4.4724\bar{l}^2 + 12.56\bar{l} - 6.8203 \quad R^2 = 0.97 \quad (3)$$

式中： \bar{l} ——裂隙的平均迹长。

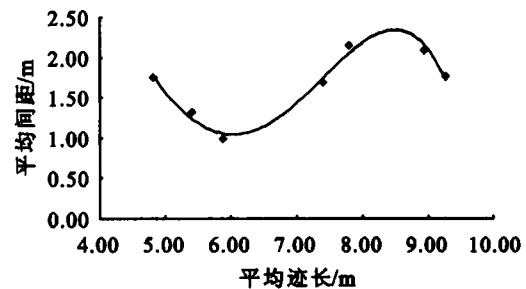


图 4 平均迹长与平均间距的拟合曲线

如图 4 所示，平均迹长与平均间距存在一定的关系。拟合曲线为多项式，迹长与间距的比值在 3~5 的范围内。

4 结 论

- (1)裂隙间距概率密度服从方程(1)的负指数分布规律。
- (2)裂隙迹长概率密度服从方程(2)的抛物线分布规律。
- (3)裂隙的平均迹长与平均间距存在一定的关系。在本工程中符合如方程(3)的一般关系式；另外可以得出平均迹长约为平均间距的 3~5 倍。

参考文献：

- [1] 张倬元,王士天,王兰生.工程地质分析原理(第 2 版)[M].北京:地质出版社,1994.
- [2] 黄达,黄润秋,陈强,等.随机裂隙实测全迹长分布规律研究[J].水文地质工程地质,2005(4):10-12.
- [3] 王学英.节理岩体的块体出现概率及其连通率分析[J].中国铁道科学,1999(1):23-28.
- [4] 韩爱果,聂德新.岩体结构研究中统计区间长度的确定[J].地球科学进展,2004,19(增刊):296-300.