

不同地质环境下的玄武岩岩体结构评价指标的选取^{*}

李洪建 聂德新 傅荣华

(成都理工大学环境与土木工程学院 成都 610059)

摘要 处于不同的地质环境下,玄武岩岩体结构具有不同的状态,在围压原位状态下,岩体结构面镶嵌紧密结合,岩体完整性好,岩体完整性系数与结构面最小间距具有不对应性,应选取完整性系数作为评价指标;而在岩体处于应力松弛状态下岩体完整性差,完整性系数评价指标和结构面间距评价指标具有很好对应性,应选取最小间距作为评价指标。本文通过对西南某水电站坝基岩体在处于不同的地质环境下岩体结构的评价,从而选取岩体完整性系数作为深部岩体结构评价的主要指标。

关键词 岩体结构 完整性系数 结构面

中图分类号:P642 **文献标识码**:A

SELECTION OF INDICES FOR EVALUATION OF BASALT ROCK STRUCTURES AT DIFFERENT GEOLOGICAL ENVIRONMENTS

LI Hongjian NIE Dexin FU Ronghua

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

Abstract Basalt rocks at different geological conditions have a different structures. At first, if the rock is under in-situ confining pressure, the structure of the rock face has close mosaic, the rock has good integrity. The structural integrity of the rock face for rock structure evaluation does not have good correlation with the minimum distance of structural planes. The integrity of the evaluation index should be used. Secondly, if the rock is a state of stress relaxation. The rock integrity is poor. the structural integrity of the surface has a very good correlation with the minimum distance of structural planes. The minimum distance should be used as the evaluation index. This paper further uses the rock foundation of a hydropower station in southwest China as a case study. The rocks are under different environments. The rock structure is evaluated and the the rock integrity index is selected for the deep rocks.

Key words Rock structure, The integrity index, Durface structure

1 引言

岩体是赋存于一定地质环境,由各种各样的结构面所切割,且具有一定工程地质特性的岩石综合体,后期不仅经受了不同时期、不同规模和不同性质的构造运动的改造,同时还经受了外营力次生作用的表生演化。岩体结构控制着岩体力学性质和岩体

力学作用,即控制着岩体变形和破坏规律,控制工程荷载作用下岩体的力学作用方式及其力学响应的主要因素之一,因而也在很大程度上决定了工程岩体的稳定性。“岩体结构”理论作为中国工程地质 20 世纪的四大基础理论之一,已成为指导科学研究和大型工程建设的重要理论基础。

“岩体结构控制论”是岩体力学的基础理论。岩体结构是岩体工程地质特性的决定因素,是坝基

* 收稿日期:2008-11-06;收到修改稿日期:2009-02-16.

第一作者简介:李洪建,主要从事岩土体稳定性及地质灾害评估与预测研究. Email:leehj123@163.com

岩体稳定性的控制因素。岩体结构不仅可以反映岩体中结构面的发育程度、块体大小,而且可以表征岩体的完整性及力学性质的优劣,其重要性日益得到人们的重视,已被广泛用来划分岩体结构、参与岩体质量的评价。国内外许多学者开展了岩体结构的研究,各部门制定了适合于各自行业特点的岩体结构分类规范。

2 岩体结构类型及评价指标

岩体结构类型的划分,是在对结构面、结构体自然特性及组合状况研究的基础上进一步的概括,反应岩体结构的特性,体现工程地质特性和工程作用下不同岩体的不同反映。谷德振、王思敬(1985)将岩体结构划分为整体块状、层状、碎裂结构和散体结构四大类。

在工程应用中,各部门又根据各行业的特点提出适合于自己行业的岩体结构划分方法和评价指标。在水电行业岩体结构类型被划分为整体块状、碎裂结构和散体结构3个大类以及整体状结构、块状结构等7个亚类结构类型(表1)。评价指标主要有结构面间距和完整性系数 $K_v = (V_{mp}/V_{rp})^2$ (表2)。

表1 水电规范中的岩体结构分类表

Table 1 Regulate water and electricity in the structure of the rock mass classification

类型	亚类	岩体结构特征
整体块状结构	整体状结构	岩体完整,呈巨块状,结构面不发育,间距大于100cm
	块状结构	岩体较完整,呈块状,结构面较发育,间距一般100~50cm
	次块状结构	岩体较完整,呈次块状,结构面较发育,间距一般50~30cm
碎裂结构	镶嵌碎裂结构	岩体完整性差,岩块镶嵌紧密,结构面发育,间距一般30~10cm
	碎裂结构	岩体较破碎,结构面很发育,间距一般小于10cm
散体结构	碎块状结构	岩体破碎,岩块夹岩屑或泥质物
	碎屑状结构	岩体破碎,岩屑或泥质物夹岩块

3 不同赋存地质环境下的岩体结构

以西南某水电站坝基玄武岩岩体在不同的地质环境下表现出的不同结构类型为例,指出在不同的地质环境中,应根据不同的岩体结构定量划分指标评价岩体结构。

表2 水电规范中岩体完整程度分级
Table 2 Hydropower norms in the completeness rock classification

岩体完整程度	完整	较完整	完整性差	较破碎	破碎
岩体完整性系数 K_v	1.0~0.75	0.75~0.55	0.55~0.35	0.35~0.15	<0.15

3.1 围压原位状态下

在坝址区所有平洞进行了大量的结构面精测,获得每条结构面的坐标及产状,根据自主开发的裂隙切割程序对结构面间距进行计算,获得各个平洞不同深度的优势结构面间距;岩体完整程度用岩体完整性系数表示,根据在每个平洞内声波测试结果,由岩体声波波速与完整岩石波速比值的平方计算关系获得。表3和表4为部分平洞利用结构面间距和完整性系数两种方法评价的岩体结构对比表。

表3 两种方法评价的PD12岩体结构对应表

Table 3 Methods of evaluation of the table corresponds to the structure of rock PD12

洞深/m	结构面间距/m	对应岩体结构	岩体完整性系数	对应的岩体结构	两种方法评价的岩体是否对应
010~015	0.03	碎裂结构	0.13	碎裂结构	对应
015~020	0.02	碎裂结构	0.33	碎裂结构	对应
020~025	0.07	碎裂结构	0.36	镶嵌结构	不对应
025~030	0.09	碎裂结构	0.55	次块状结构	不对应
030~035	0.09	碎裂结构	0.60	次块状结构	不对应
035~040	0.17	镶嵌结构	0.56	次块状结构	不对应
040~045	0.35	次块状结构	0.81	整体块状结构	不对应
045~050	0.12	镶嵌结构	0.78	整体块状结构	不对应
050~055	0.38	次块状结构	0.87	整体块状结构	不对应
055~060	0.07	碎裂结构	0.88	整体块状结构	不对应
060~065	0.07	碎裂结构	0.87	整体块状结构	不对应
065~070	0.05	碎裂结构	0.77	整体块状结构	不对应
070~075	0.11	镶嵌结构	0.75	块状结构	不对应
075~080	0.1	碎裂结构	0.77	整体块状结构	不对应
080~085	0.22	镶嵌结构	0.81	整体块状结构	不对应
085~090	0.17	镶嵌结构	0.88	整体块状结构	不对应
090~095	0.15	镶嵌结构	0.86	整体块状结构	不对应
095~100	0.25	镶嵌结构	0.88	整体块状结构	不对应

表4 两种方法评价的 PD16 岩体结构对应表
Table 3 Methods of evaluation of the table corresponds to the structure of rock PD16

洞深/ m	结构面 间距/m	对应岩 体结构	岩体完整 性系数	对应的 岩体结构	两种方法 评价的岩 体是否对应
000 ~ 005	0.23	镶嵌结构	0.44	镶嵌结构	对应
005 ~ 010	0.42	次块状结构	0.51	镶嵌结构	不对应
010 ~ 015	0.36	次块状结构	0.64	次块状结构	对应
015 ~ 020	0.88	块状结构	0.83	整体块状结构	不对应
020 ~ 025	0.12	镶嵌结构	0.79	整体块状结构	不对应
025 ~ 030	0.59	块状结构	0.83	整体块状结构	不对应
030 ~ 035	0.36	次块状结构	0.74	块状结构	不对应
035 ~ 040	0.07	碎裂结构	0.76	整体块状结构	不对应
040 ~ 045	0.19	镶嵌结构	0.79	整体块状结构	不对应
045 ~ 050	0.8	块状结构	0.80	整体块状结构	不对应
050 ~ 055	0.73	块状结构	0.78	整体块状结构	不对应
055 ~ 060	0.51	块状结构	0.79	整体块状结构	不对应
060 ~ 065	0.21	镶嵌结构	0.77	整体块状结构	不对应

从表3,表4可以看出,各个平洞中两种方法评价的岩体结构大部分地段均不对应,仅在洞深15~20m范围,岩体位于强风化-弱上风化带,两种方法评价的岩体结构才有所对应,在洞深较大的地段,岩体结构面间距仍然较小,而声波波速值增加较快,两者对应的岩体结构类型差异较大。

玄武岩自身强度高,刚度大,储存着较高的弹性应变构造能,一旦受到强烈构造运动影响,相较于其余岩石更能释放其储存的高能量,而产生更多的裂纹,形成较多的结构面。岩体处于原位状况下,未受扰动,且受到后期岩体应力的作用,岩体结构面处于镶嵌紧密的状态,在几何尺寸上虽已不完整,但仍然具有力学特性上的似完整性。在强风化和弱上风化地段,岩体受到风化、卸荷影响,结构面松弛、张开,岩体完整程度下降,声波测试结果较低;而弱下风化至微新岩体,岩体受到扰动较小,基本处于原位状态,结构面之间嵌合紧密,因而具有较高的力学特性。

3.2 应力松弛状态下

在深部未扰动情况下岩体保持原位状态,具有良好的工程地质特性;而在受到工程扰动或揭露于地表,岩体应力松弛,结构面张开,岩体力学性质降低。在钻孔岩芯中可以较好的揭示这一现象,对ZK80钻孔不同深处岩体进行比较,岩体岩芯RQD达到52.1%,平均波速仅为3817m·s⁻¹;而在钻孔

深处,受到钻进过程的扰动,岩芯取出后岩体结构面张开、破裂,岩芯RQD值仅为32%,而处于原位状态下的岩体声波测试结果平均波速达到4609m·s⁻¹,高于岩芯更为完整的表浅部岩体。

右岸江边露头良好,在布置了大量声波孔以外,对绝大部分露头点进行了结构面精测,总计布置12个统计窗口,1274m²,统计窗测量结果对右岸基岩露头岩体结构具有较好的代表性。

由右岸岩体结构面统计结果,根据等密图(图1)中5组优势方位结构面对统计窗中结构面进行分组,获得各组结构面在统计窗中的展布情况。5组最优势方位结构面产状为:

第一组:211°∠87°

第二组:30°∠87°

第三组:80°∠84°

第四组:262°∠88°

第五组:127°∠13°

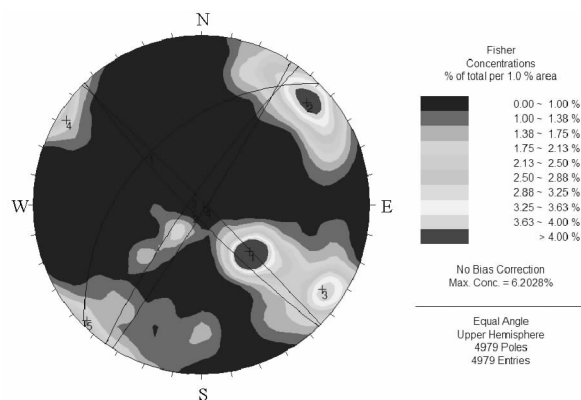


图1 右岸江边露头统计裂隙等密图

Fig. 1 Riverside outcrop on the right bank of statistics, such as crack secret plans

对各个统计窗进行统计,根据每个统计窗的面积及测得的结构面总条数,获得单位面积上结构面条数(表5),统计窗中平均每平米结构面条数在6条以下,总体平均在3~4条左右。江边结构面迹长较大,总体平均在1.21m,迹长>1m的结构面占总数的31.29%,0.5~1m之间的结构面数量最多,占总数的42.92%。

S7号统计窗结构面众多,单位面积裂隙率达到了5.88,由统计窗中dz4号声波孔数据,平均波速仅为1917m·s⁻¹,岩体破碎,为碎裂结构岩体;S12号平台上dz12号声波孔平均波速达到4180m·s⁻¹,单位面积结构面条数为2.94,岩体结构为镶嵌结构;

左岸 S13 号统计窗结构面为 $4.76 \text{ 条} \cdot \text{m}^{-2}$, 声波孔数据均在 $2000 \sim 3000 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 其中变形模量为 3.8 GPa , 属于碎裂结构岩体。由此可看出, 单位面积结构面条数与岩体声波波速呈对应关系, 对于暴露于地表的岩体, 结构面镶嵌紧密程度不高, 可用来表征岩体结构类型。

表 5 两岸统计窗单位面积结构面条数统计

Table 5 Per unit area of cross-strait statistical structure of the window a few noodles and Statistics

统计窗编号	面积/ m^2	结构面条数	单位面积上结构面条数/ $\text{条} \cdot \text{m}^{-2}$
S1	80	192	2.40
S2	100	175	1.75
S3	26	85	3.27
S4	58	276	4.76
S5	80	212	2.65
S6	36	181	5.03
S7	130	765	5.88
S8	84	133	1.58
S9	32	108	3.38
S10	64	267	4.17
S11	440	1555	3.53
S12	144	424	2.94
S13	216	1028	4.76

4 结 论

(1) 玄武岩在围压和原位状态下, 岩体受外界扰动较少, 结构面虽然发育, 但处于镶嵌紧密状态下, 岩体力学特性较高, 利用完整性系数评价岩体结

构较能反应真实情况。

(2) 在岩体应力松弛, 处于强风化到弱上风化状态下, 结构面张开, 岩体完整性较差, 结构面间距与完整性系数在评价岩体结构类型上有很好的对应关系, 选取结构面间距作为岩体结构评价指标。

(3) 在评价岩体结构类型时, 应综合考虑不同的地质环境和岩体赋存条件下不同的评价指标的选取。

参 考 文 献

- [1] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理. 北京: 地质出版社, 1994.
Zhang Zuoyuan, Wang Shitian, Wang Lansheng. Analysis of the principles of engineering geology. Beijing: Geological Press, 1994.
- [2] 王思敬. 坝基岩体工程地质力学分析. 北京: 科学出版社, 1990.
Wang Sijing. Rock mechanical engineering geological analysis. Beijing: Science Press, 1990.
- [3] 韩爱果, 聂德新, 孙冠平. 岩体结构研究中结构面间距取值方法探讨. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(增2): 2575 ~ 2577.
Han Aiguo, Nie Dexin, Sun Guanping. Rock structure in the structure of the face value of spacing methods. The Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2003, 22(Suppl. 2): 2575 ~ 2577.
- [4] 中华人民共和国水利部主编. 水利水电工程地质勘察规范 (GB50287-99) [S]. 北京: 中国计划出版社, 1999.
Edited by the ministry of water resources of People's Republic of China. Geological survey norms in water resources and hydropower engineering (GB50287-99). Beijing: Plan press of China, 1999.
- [5] 谷德振. 岩体工程地质力学基础. 北京: 科学出版社, 1979.
Gu Dezheng. The base of rock engineering and heomechanics. Beijing: Science Press, 1979.