

岩体体积节理数(J_v)的现场测量方法评价*

林 锋 黄润秋 王 胜 刘 明 霍俊杰 高 正

(成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室 成都 610059)

摘 要 岩体体积节理数是衡量岩体完整性的重要指标之一,其现场实测方法有直接测量法、间距法、条数法等。论文分析了各现场测量方法的原理及其存在的问题,并结合实例测量成果,认为:直接测量法较准确,但测量面积要足够大;间距法结果偏小,应乘以1.05~1.1的修正系数;条数法受测量面方位的影响较大,应用时应有足够的样本数,以均值为基数乘以1.4~1.7的修正经验系数。

关键词 岩体 体积节理数 岩体完整性 直接测量法 间距法 条数法 修正系数

中图分类号:TU457 **文献标识码**:A

EVALUATION OF IN-SITU MEASUREMENT METHODS FOR COUNTING VOLUMETRIC JOINTS OF ROCK MASS

LIN Feng HUANG Runqiu WANG Sheng LIU Ming HUO Junjie GAO Zheng

(State Key Lab of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract Rock mass volumetric joint count is one of the most important indexes to evaluate the integrity of rock mass. In-situ measurement methods mainly include direct measurement method, spacing method, and joint number method. All of these measurement methods, principles and their respective disadvantages are analyzed in the paper. Combined with practical examples, it is believed that direct measurement method is relatively accurate, but it requires adequate measurement area that is as large as possible. Data coming from spacing method are slightly low, so it has to be multiplied by correction factor of 1.05~1.1; Joint number method is strongly influenced by the azimuth of the surveyed surface. In application, it requires enough samples. Their average value is used as the cardinal number. It has to be multiplied by experience correction factor of 1.4~1.7.

Key words Rock mass, Volumetric joint, Integrity, Direct measurement method, Spacing method, Joint number method, Correction factor

1 引 言

岩体体积节理数(J_v)是指单位体积岩体中节理的条数,它是衡量岩体完整性的重要指标之一,国际岩石力学委员会推荐用它来定量评价岩体的完整

性^[1]。但是,在有限的开挖面上测量出 J_v 却不容易。归纳起来, J_v 测量方法大体可分为两类,一类是现场实测法,主要有直接测量法、间距法、条数法等,第二类是统计模拟分析法,其基本原理是基于现场测量信息,采用统计模拟分析方法再现岩体中的节理分布,并基于该分布统计分析岩体体积节理数等

* 收稿日期:2008-04-30;收到修改稿日期:2008-07-29。

第一作者简介:林锋,主要从事岩质边坡变形破坏机制分析及稳定性评价研究。Email:lf@cdu.edu.cn

岩体结构信息^[2,3]。本文结合现场测量工作实践,探讨 J_v 现场实测法及其注意事项。

2 现场实测法原理及评述

国标指出^[1],岩体体积节理数(J_v)应针对不同的工程地质岩组或岩性段,选择有代表性的露头或开挖壁面进行节理(结构面)统计。除成组节理外,对延伸长度大于1m的分散节理亦应予以统计。已为硅质、铁质、钙质充填再胶结的节理不予统计。每一测点的统计面积,不应小于 $2 \times 5\text{m}^2$ 。

2.1 直接测量法

直接测量法是直接数出单位体积岩体中的节理数,简称直接法。严格的直接测量法是逐条数出单位体积岩体中的节理条数,这在工程中是难以实现

的,也没有必要。实际采用直接测量法时,总是依据结构面发育分布规律,合理选择、利用开挖壁面(临空面)作为测量面,数出单位体积岩体中的裂隙条数。合理的测量面有如下3种情况:

(1)有3个或以上的近于正交的临空面,至少有一个临空面长度在2m以上,这样,可基本看清单位体积岩体中的绝大多数裂隙。但这样好的临空条件比较少见;

(2)有两个正交的临空面,且有足够的测量范围,则临空面可框住各种产状的结构面。当结构面与临空面斜交时,测量单位体积内的节理条数,必须将测读范围扩展到单位面积之外,最大测量范围取决于待测节理组与测量面之间的夹角大小,其计算示意图见图1,EF为扩展测量范围。与EF相交的同组节理一般总与测量体相交。

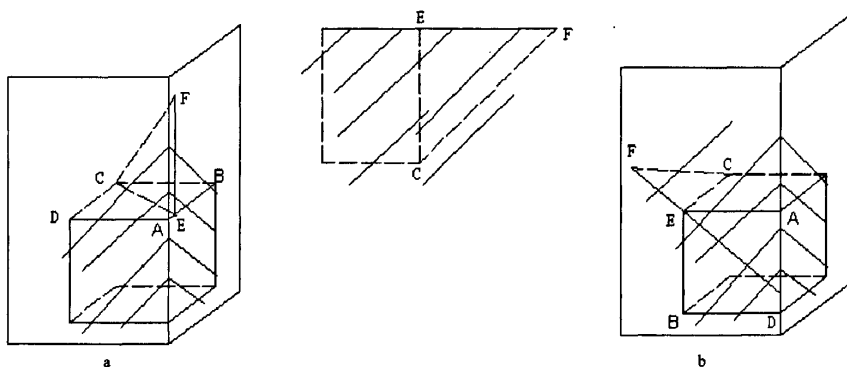


图1 具有两个正交临空面时斜交节理的测量范围确定示意图

Fig. 1 Illustration for the measurement range of oblique joints on mutually perpendicular faces

a. EC位于测量单位的ABCD面上,垂直于这组节理在ABCD面上的平均迹线; $\angle EFC$ 为ABCD面与评价节理的锐夹角;b. EF位于临空面AEBD面上,且垂直于这组节理在临空面上的平均迹线,

$\angle EFC$ 为测量体表面AEBD与平均节理面的锐夹角

(3)对于单临空面,要求其应与岩体中各组结构面都相交,且夹角越大越好,这样,可在临空面上见到测量体内的所有裂隙。测量时,除了计数单位面积内的所有节理外,对于每一组节理,其扩展测量范围的确定方法同情况(2)(图1)。

2.2 间距法

间距法是指通过测量岩体中各组结构面的间距,并以其平均值来计算单位体积岩体中裂隙的条数。国标中的 J_v 计算式实际上就是间距法计算公式^[1]:

$$J_v = S_1 + S_2 + \cdots + S_n + S_k \quad (1)$$

式中, J_v 为岩体体积节理数(条 $\cdot\text{m}^{-3}$); S_n 为第 n 组节理每米长测线上的条数,其值等于足够长度(一般5m以上)测线内同组节理平均真间距的倒数; S_k 为每立方米岩体中非成组节理的条数。

分析公式(1)可见,其默认假定为各组节理的法向计算测线长度均为1m,这会使测量结果偏小。此外,应注意如下两个方面:

(1)实际岩体中,节理分布很不均匀(图2a),这导致间距测量数据离散性明显。为防止 J_v 计算值偏小,在平均间距计算时,应扣除个别异常大值。

(2)当节理组与单位体表面斜交时,其计算测线长度大于1m(但小于1.7m,即单位立方体的对角线)(图2b),故按(1)式计算时, J_v 值偏小,应乘以1.05~1.1的修正系数。

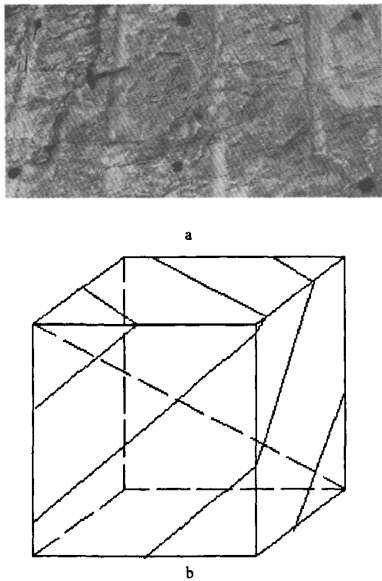


图2 间距法的两个问题示意图

Fig. 2 Illustration for the two aspects of spacing method

- a. 测网中节理不均匀分布(锦屏右岸建基面);
- b. 节理面与测量面斜交示意图

2.3 条数法

条数法是指在单测量面内数出单位面积内的节理条数(样本),将其乘以修正经验系数以得到 J_v 值。这个经验系数原为1.3~1.5。通常是测量多个样本,用其平均值来计算 J_v 值,则计算式如下:

$$J_v = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N} \times (1.3 \sim 1.5) \tag{2}$$

式中, n_i 为第*i*个单位测量面积内的节理条数(样本), N 为同级别岩体中的样本数,一般不少于10个。

条数法的修正经验系数,无法从理论上直接推导获得,完全来自工程经验。显然,同样结构的岩体,单位测量面的方位不同,其中的节理条数是有差别的,这必然导致修正系数的差异。所以,实际应用时,不能单独使用,最好针对性地给出修正经验系数。此外,拟选测量面应与体内所有节理相交。

3 测量实例及分析

在锦屏一级水电站施工地质研究中,需要测量岩体的 J_v 值,以评价岩体的完整性,并用于辅助分析岩体质量。分别用上述3种方法进行了岩体 J_v 值测量(表1,表2)。

表1 左岸垫座基础1832m高程 J_v 测量

Talbe 1 J_v measurement results from base cushion on the left bank EL 1832m

| 测面编号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| 直接法 J_{v1} | 23 | 22 | 25 | 23 | 26 | 22 |
| 条数法 n_i | 15 | 17 | 18 | 15 | 16 | 14 |
| $\overline{J_{v1}}/n_i$ | 1.53 | 1.29 | 1.39 | 1.53 | 1.63 | 1.57 |
| 间距法 $\overline{J_{v3}}$ | 22 | | | | | |
| $\overline{J_{v1}} = 24, \overline{n} = 16, \overline{J_{v1}}/\overline{n} = 1.5, \overline{J_{v1}}/\overline{J_{v3}} = 1.09$ | | | | | | |

备注:(1)厚层变质砂岩,弱风化,弱卸荷带内。(2) J_v 为直接法体积节理数测值的平均值; \overline{n} 为条数法的面条数平均值; $\overline{J_{v3}}$ 为间距法的体积节理数。

表2 右岸建基面和左岸固灌洞 J_v 测量

Table 2 J_v measurement results from both the abutment on the right bank and grouting gallery on the left bank

| 部位 | I 右岸 1790 ~ 1780m 建基面下游段 | | | | | | | | | | | | II 左岸 1730m [*] 固灌洞 | | | | |
|--|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------|------|------|------|------|
| 测面编号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 直接法 J_{v1} | 17 | 17 | 11 | 11 | 16 | 8 | 11 | 11 | 15 | 18 | 13 | 20 | 32 | 32 | 31 | 17 | 18 |
| 条数法 n_i | 13 | 15 | 9 | 7 | 9 | 7 | 10 | 6 | 7 | 14 | 9 | 14 | 19 | 19 | 19 | 10 | 10 |
| $\overline{J_{vi}}/n_i$ | 1.31 | 1.13 | 1.22 | 1.57 | 1.78 | 1.14 | 1.10 | 1.83 | 2.14 | 1.29 | 1.44 | 1.43 | 1.68 | 1.68 | 1.63 | 1.70 | 1.80 |
| 间距法 J_{v3} | 13 | | | | | | | | | | | | 24 | | | | |
| I 段: $\overline{J_{v1}} = 14, \overline{n} = 10, \overline{J_{v1}}/\overline{n} = 1.4, \overline{J_{v1}}/\overline{J_{v3}} = 1.08$; II 段: $\overline{J_{v1}} = 26, \overline{n} = 16, \overline{J_{v1}}/\overline{n} = 1.6, \overline{J_{v1}}/\overline{J_{v3}} = 1.08$ | | | | | | | | | | | | | | | | | |

备注: I 段,大理岩,新鲜岩体,微卸荷; II 段:灰黑色大理岩,微风化,深卸荷带内。

表1,表2表明:

(1)由于岩体内结构面非均匀发育,单测面内测量数据离散性较大,这要求样本数足够,一般不应少于6个。

(2)直接法均值略大于间距法,这与前面的理论分析是一致的,两者的比值一般在1.05~1.1之间。这表明直接法测量结果可靠真实。

(3)单测面条数法修正经验系数变化较大。其中,直接法均值与条数法面条数均值之比一般在1.4~1.7之间;间距法测值与条数法面条数比值变化较大,这与测面和结构面的相对方位不同有关系;但间距法测值与条数法面条数均值之比一般在1.3~1.5之间,这与式(2)中的修正经验系数一致。故采用条数法测量 J_r 时,宜采用面条数均值乘以修正经验系数。

4 结论及建议

岩体体积节理数 J_v 是表征岩体完整性和划分岩体质量的重要指标之一,准确获得 J_v 值非常重要。现场实测是获得岩体 J_v 值的主要途径。理论分析和实测数据分析表明,直接法测量结果相对可靠真实,但要求测面有足够大面积;间距法给出段内的平均值,测量前应仔细进行岩体分段,其测值略为偏

小,应乘以1.05~1.1的修正系数;条数法测值受测量面和节理相对方位影响明显,向 J_r 值换算时,应以均值为换算基数,修正经验系数在1.4~1.7之间。

因此,在现场工作中,应采用多种方法进行 J_r 测量,推荐采用间距法和直接法。

致谢 现场工作中,得到中国水电顾问集团成都勘测设计研究院的协助和配合,深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国标准. 工程岩体分级标准(GB50218-94) [S]. 北京:中国计划出版社,1994.
Classification criteria of engineering rock mass(GB50218-94), 1994.
- [2] 陈剑平,肖树芳,王清. 随机不连续面三维网络计算机模拟原理[M]. 长春:东北师范大学出版社,1995.
Chen Jianping, Xiao Shufang, Wang Qing. Principle of 3D simulation for random discontinuities by network computer. Changchun: Dongbei Normal University Publishing House, 1995.
- [3] 黄润秋,许模,陈剑平. 复杂岩体结构精细描述及其工程应用[M]. 北京:科学出版社,2004.
Huang Runqiu, Xu Mo, Chen Jianping. Accurate description of complicated rock mass structure and its application to engineering. Beijing: Science Press, 2004.