

# 岩石单轴抗压强度试验的探讨与研究

王平

(四川省水利水电勘测设计研究院 勘察分院, 四川 成都 611731)

**摘要:**岩石单轴抗压强度值的测试看似简单,但影响其的因素却非常复杂,除试件本身性质外,还包含从采样到加工、试验一系列的影响因素。讨论了影响岩石抗压强度试验的多个重要因素,并对症下药地提出了消除或减小影响因素的方法,从而使试验结果更加真实、准确、可靠。

**关键词:**岩石单轴抗压强度;岩石试件;加载;影响因素;消除;减小

**中图分类号:**TV7;TV22;[TV221.2]

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2013)02-0089-03

## 1 概述

在水利水电工程勘察设计中,岩基的承载力、岩坡稳定性、地下洞室开挖时洞周岩石(围岩)的应力分布及其稳定等各方面的分析和鉴定均与岩石强度密切相关。鉴于抵抗外荷载的能力是岩石的重要力学特性之一,因此,研究岩石抵抗外力破坏的能力——岩石强度具有重要工程意义。

岩石单轴抗压强度试验是测定岩石强度的重要试验,通过其能进行岩石强度分级和岩石特性描述,还能对完整岩芯试样的抗压强度测量结果进行坝基的稳定性和坚固性作出有效的评估,从而真实地反映出岩体的工程性质。

测定岩石的抗压强度通常是测试岩石的单轴抗压强度。岩石的单轴抗压强度是指岩石试件在无侧限条件下受轴向荷载作用出现压缩破坏时单位面积所承受的轴向作用力。具体的测定方法是将圆柱体岩石试样置于压力机承压板之间,岩石试样在轴向加载下发生破坏时所测得的应力值称为岩石单轴抗压强度。

岩石单轴抗压强度按照《国家工程岩体试验方法标准》与《水利水电工程岩石试验规程》中的要求进行试验。

岩石单轴抗压强度可以由公式  $R = P/A$  求得。式中  $R$  为岩石单轴抗压强度(MPa); $P$  为试件破坏荷载(N); $A$  为试件截面面积( $\text{mm}^2$ )。

理论上,通过试验测定岩石的抗压强度是极其简单的事情。但实际上并非如此,因为影响岩石力学性能的因素众多,笔者简述如下。

## 2 岩石单轴抗压强度试验的影响因素及消除措施

岩石的矿物特征、颗粒大小、孔隙率、结构缺陷等内在因素决定了岩石的强度性能;试样的采集、几何形态、形状、高径比、尺寸大小、加荷速率、承压板与端面之间的摩擦、环境等外部因素亦对岩石的抗压强度试验结果影响很大。

在试验过程中,毋需人为地去改变岩石内在的属性,但需人为地消除或减小外部因素对岩石抗压强度试验的影响,从而得到岩石真实准确的单轴抗压强度值,为工程的勘察设计研究提供可靠的数字依据。

如何消除或减小外部因素对岩石抗压强度试验的影响呢?笔者从岩样的采集、岩石的几何形态、加载速率、试验样品的数量、接触面的摩擦等几方面进行了简明扼要的阐述。

### (1) 岩样的采集。

岩体是一种非匀质体系,从不同部位所取的岩样性质差异很大,通过试验得出的结论也截然不同,可见取样工作十分重要。对于同一岩体,为了得到试验结果计算的平均值,应当从岩体的不同部位进行岩样的采取。

为了正确取样,需进行岩石学研究,对矿物成分、胶结物的性质、结构和风化程度等有显著不同的地方进行记录和判别,以便准确分析试验结果,更好地评判岩石及岩体的工程性质。

岩石的层状结构、节理、裂隙及其他不连续结构面对岩石的抗压强度值影响很大。这些岩石缺陷在选样、制备样品时很容易通过肉眼观察出来,在试验过程中必须对其引起足够的重视。

收稿日期:2012-12-07

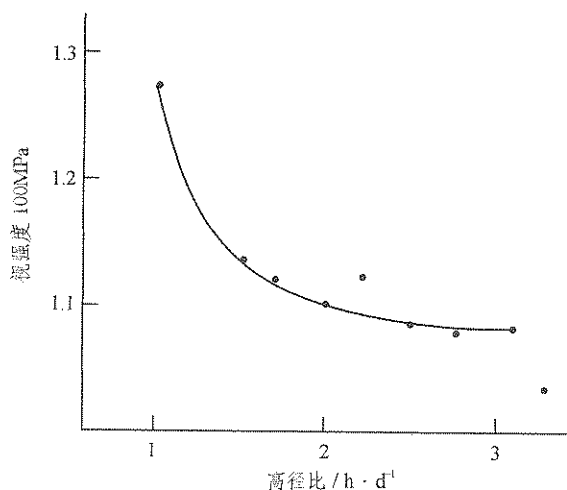
样品在运输过程中,应当注意避免受到过份的震动而产生新的裂缝或使原有的裂隙扩展。为避免受到风化的影响,样品须放在适宜的地方;有条件的情况下,可以采用密封保存。

#### (2) 岩石试件的几何形态。

由于形状为圆柱体的岩石试样容易制备,易达到加工精度的要求,并且力学性质对称性极好,所以,国内外的许多试验部门常采用圆柱体岩石试件进行岩石力学性质试验。

岩石的强度通常会随其尺寸的增大而减小,这就是岩石力学中所谓的尺寸效应;而且在进行岩石抗压强度试验时,岩石试件的应力分布状态对试验结果数值影响很大,并且也决定了岩石试件受压后的破坏方式和破坏类型。研究结果表明:直径为4~6 cm且满足试件直径大于其最大矿物颗粒直径10倍以上的岩石试件,其强度值较为稳定。目前世界上几乎所有国家的试验都采取直径为4.8~5.4 cm且直径大于其最大矿物颗粒直径的10倍以上的岩石试件进行岩石抗压强度试验。

岩石试件的高径比值不同,会对岩石强度产生不同影响。由图1可以看到:由于高径比 $h/d$ 的不同,对岩石强度产生不同的影响。从曲线中可以明显看出高径比在2~3时,岩石单轴抗压强度值已趋于稳定的特性。可见岩石试件取高径比为2~3时,对其强度来说比较合理。



米祖霍 (Mizuo) 粗面岩抗压强度与 $h/d$ 的关系

图1 岩石单轴抗压强度与高径比关系图

笔者在进行岩石单轴抗压强度试验中通常采用的是直径为5 cm、高径比为2的圆柱体岩石试

件进行岩石室内力学试验,已为多个水利水电工程提供了详尽准确的试验数据。

#### (3) 加载速率。

岩石的单轴抗压强度通常是随着岩石试件所承受的加载速率增加而增加,在很高的加载速率下,如冲撞等试验所求得单轴抗压强度值可数倍于缓慢加载条件下所得到的试验结果。经微观分析发现,由于岩石矿物在高速率加载时未充分变形,从而提高了其抗外荷载的能力。因此,选择适当的加载速率对其试验结果比较重要。我国有关岩石力学试验标准规定,其加载速率应控制在0.5~1 MPa/s之间,且按岩石的软硬不同采取该范围内不同的加载速率,这一加载速率与国外的许多试验标准中所提出的要求是一致的。笔者在岩石单轴抗压强度试验过程中也是遵循这一准则。

#### (4) 试验样品的数量。

岩石是矿物颗粒的集合体,具有明显的非均质性。尽管形状和尺寸完全相同,但强度值有差异,即呈现出极大的离散性。现场钻取的岩芯,如节理、裂隙等存在大量缺陷,强度离散性更大。岩石的非均质结构特征决定了岩石力学性能试验具有分散性大的特点,因而单个或少量的岩石抗压试验结果不能说明岩体的真实情况,即从理论上得不到其真实值。而大量试样的抗压试验结果会接近岩石的真实强度值,但不计成本的投入是不现实的,因此,需要确定岩石抗压强度试验样品的最少数量。

按照强度统计准则,岩石抗压试验的每组岩样个数必须达到一定数量,才能保证强度平均值有95%以上的概率,而仅用几个岩石的强度平均值来表示岩石的抗压强度是危险的。

国际岩石力学学会建议:对于直径54 mm的岩样,试验重复数不少于5次。笔者在实际的试验工作中,便是参考此标准并依据《水利水电工程岩石试验规程》规定“岩石抗压强度采用圆柱体试件,试样直径为50 mm,数量不小于6个”来进行岩石单轴抗压强度试验的。

#### (5) 接触面的摩擦。

岩石试件在端面有或者没有摩擦情况之下承受加荷时,样品的应力分布是完全不同的。岩石单轴抗压强度的测定会因此而受到影响,所受影

响的大小取决于样品与承压板之间的摩擦系数。

各种材料的摩擦系数不是常数,取决于接触面性质和材料状态。为了统一试验条件,规程规定:在岩石试件与承压板之间垫上一种硬塑薄片,并对压力试验机提出了一定的要求,试验机最少应当有一个球形接头,并需要涂少量矿物润滑油;承压板必须平整光滑,样品必须放在承压板中心(推荐用与岩石试件直径相同的光滑塑料垫片,即垫块的尺寸至少应同岩石试件的直径一致)。

在实际的岩石单轴抗压强度试验中,应尽量消除岩石试件和压力机端面摩擦的影响,使端面只有少量的径向和圆周向的膨胀,使应力分布尽量均匀。由于岩石的应力分布不均匀是端面摩擦和约束造成的,许多研究者建议在试件端面与承压板之间涂以石蜡或垫上润滑材料如橡皮板、四氟乙烯塑料、氯丁橡胶、薄铜片或铅板、硬纸板等材料来减少摩擦,尽可能地消除摩擦以确保应力的均匀分布。

在岩石单轴抗压强度试验中,为统一试验方

法,增强试验结果的可比性,岩石试验规程对岩石试件的制作要求、尺寸大小作出了一定的要求,对试验条件如减小承压板与端面之间的摩擦,在岩石试件两端承压面垫上光滑的塑料薄板等都作了规定。

### 3 结 语

在岩石单轴抗压强度试验过程中,只有针对上述的各个影响因素采取合理适当的方式来消除或减小其对试验值所产生的误差,才能为勘察设计提供真实准确的试验数据,才能确保水利水电工程百年运行的安全性。

#### 参考文献:

- [1] 蔡美峰. 岩石力学与工程[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 成都理工大学岩土教研室. 岩石学简明教程[M]. 北京: 地质出版社, 1992.

#### 作者简介:

王 平(1977-),男,四川峨眉人,工程师,学士,从事水利水电工程地质勘察及岩土试验工作。

(责任编辑:李燕辉)

## 七大江河流域综合规划全部获批

日前,国务院正式批复了黄河、淮河、海河、珠江、松花江以及太湖流域综合规划,而长江、辽宁流域综合规划国务院已于2012年底批复。至此,七大江河流域综合规划(修编)全部得到国务院批复。规划制定了各流域一系列控制性指标和“红线”,明确了不同河流河段治理开发和保护的功能定位及其目标任务。本次七大江河流域综合规划修编工作,提出了今后一个时期流域治理、开发与保护的指导思想、基本原则、总体目标、控制性指标、规划方案等,统筹处理好了兴利与除害、开发与保护、上下游、左右岸、干支流等关系,明确了相应的工程布局、主要任务、实施意见和管理措施,全面提升了水利服务经济社会发展的潜力。分别研究制定了2020年、2030年完善流域防洪减灾、水资源综合利用、水资源与生态环境保护、流域综合管理四大体系的目标和任务。专家指出,相关规划出台后,将明显改善水资源无序开发等问题。

## 电监会启动2013年持证企业许可制度执行情况专项监管

年内,电监会18家派出机构将对辖区发电企业、输供电企业、承装(修、试)电力设施企业开展持证企业许可制度执行情况专项监管。电监会开展此项专项监管,旨在监督持证企业严格遵守许可制度,切实保障持证企业的合法权益,维护电力市场秩序,促进电力安全、稳定、清洁、经济运行。今年,电监会将重点围绕以下6项内容开展专项监管工作:一是对电力企业贯彻2012年落实电力市场准入监督制度专题会议情况进行检查。二是对接入县调发电企业的基本状况、存在问题及许可制度执行情况进行调查。三是对太阳能发电许可情况进行摸底调查。四是对电力企业遵守电力业务许可制度和承装(修、试)电力设施许可制度情况,依法持证规范经营等情况进行检查;对电力企业电力工程项目招标投标过程中是否落实承装(修、试)许可管理制度进行检查,重点是相关企业是否存在限制民营市场主体进入的规定或条件,以及将工程发包给未取得许可证或超越许可等级范围的企业或单位承担等。五是对承装(修、试)电力设施企业是否存在无证施工、转包或将工程分包给无证或超越许可等级范围的施工企业承担,是否存在非法转让许可证等进行检查。六是对陕西电力企业、承装(修、试)电力设施企业许可制度执行情况进行定点核查。1~3月为专项监管工作部署阶段,4~10月为工作开展阶段,11~12月为工作总结阶段。在各单位工作基础上,电监会将编制发布《2013年持证企业许可制度执行情况监管报告》、编制出台太阳能发电等许可管理规范性文件、编制发布太阳能发电准入情况通报。

## 苗家坝水电站转子吊装成功

3月17日,由中国水利水电第五工程局有限公司承建的甘肃省“十一五”重点建设项目——白龙江苗家坝水电站最后一台8万千瓦的水轮发电机组转子成功吊装就位。这是该公司在白龙江流域建设的第五座水电站。该电站位于文县境内的白龙江中游,总投资20.29亿元,总装机容量24万千瓦,设计年发电量9.07亿千瓦时,水库正常蓄水库容将达到2.68亿立方米。该电站转子重237吨,最大直径5.052米,高7.9米。