

文章编号:1000-582X(2003)07-0113-03

# 云阳寨坝滑坡滑移面剪切变形特性实验\*

李克钢, 许江, 李华, 王维忠

(重庆大学西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室, 重庆 400044)

**摘要:**滑坡滑移面的稳定性分析中, 直接对滑移面进行抗剪性能试验是取得滑移面抗剪参数的重要手段, 因此, 采用简单、实用、快速测定滑移面抗剪性能的试验方法便显得非常重要。运用自制的压剪试验装置, 对取自重庆寨坝滑坡体现场的含有自然滑移面的岩体试件分别进行了不同实验条件下的压剪试验, 实验结果表明, 滑移面的抗剪性能不仅与岩体试件所受的法向力大小有关, 而且还与岩体试件中滑移面的含水量多少有关, 即随着法向力的增大, 岩体试件的最大剪切力增大, 但随着滑移面中含水量的增大, 其最大剪切力将减少。

**关键词:**剪切变形; 滑移面; 实验

**中图分类号:** X43

**文献标识码:** A

土建工程中, 边坡岩体的稳定性分析与论证直接影响岩体处理、工程设计方案的确定直至关系到建筑物的安全运行和工程的经济效益。工程上通常以岩体抗剪参数, 按库仑公式求出岩体剪切面上的抗滑力, 并按抗滑稳定公式计算出抗滑稳定的安全系数, 以分析评价岩体或坝基的稳定程度<sup>[1]</sup>。因此, 岩体抗剪参数是分析论证各种围岩稳定性的关键数据。另外, 在滑坡抗滑稳定分析中, 岩体软弱结构面抗剪试验是取得岩石力学指标的重要手段<sup>[2-4]</sup>。

工程实践表明, 抗剪强度尤其是结构面抗剪强度是关系到工程安全和造价的基本资料, 是决定岩体稳定性的重要的内在因素之一<sup>[5-6]</sup>, 而对结构面进行抗剪试验是获得其抗剪强度的唯一途径。笔者运用自制的抗剪试验装置及相应的试验方法, 对取自云阳寨坝滑坡体的含自然滑移面的岩体试件进行压剪试验, 以系统分析探讨滑移面的剪切变形特性, 为工程实际运用提供理论依据。

## 1 实验装置与实验方法

### 1.1 试件和实验装置

试验所用的岩体试件取自重庆市云阳县寨坝滑坡体, 含自然滑移面的岩体试件的上盘为粉质泥岩, 下盘为

砂岩。加工成形后的岩体试件的尺寸为  $0.2\text{ m} \times 0.2\text{ m} \times 0.4\text{ m}$ 。

为简单、实用、快速地测定结构面的抗剪强度, 特自行设计制作了相应的实验加载装置(如图1所示), 以实现在法向载荷和剪切载荷独立加载条件下对岩体的抗剪特性进行实验分析。该实验装置的框架采用U型钢焊接而成, 分别利用千斤顶实现对岩体试件施加法向加载和切向加载, 垂直方向最大载荷可达  $100\text{ kN}$ , 水平方向最大载荷可达  $50\text{ kN}$ , 且两个方向的载荷大小可任意独立调节, 并通过钢垫板将载荷传递至岩体试件, 以保证所加载荷为均布荷载, 另外, 在垂直方向上两垫板间还设置了滚轴, 以尽量减小岩体试件在剪切滑移中钢垫板与岩体试件间的摩擦阻力。

在受剪试件的中央水平位置左右两边各安装了一个大量程的百分表, 以检测结构面的水平剪切位移, 所测两位移值的算术平均值即视为岩体试件的水平剪切位移值。

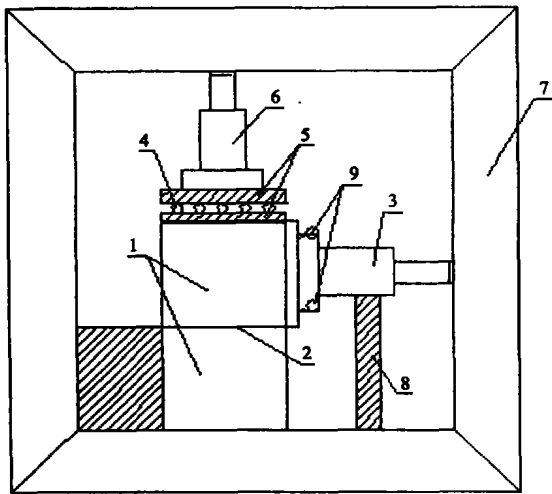
### 1.2 实验方法

为了解结构面的剪切变形和强度特性, 获得强度曲线, 求出其  $C$ 、 $\phi$  值, 暂且不考虑试件尺寸、温度效应等对试件力学特性的影响, 所有试验都在常温下进行。而对于加载速度的影响, 根据规范将2次加载的时间

\* 收稿日期: 2003-03-10

基金项目: 重庆市院士基金资助项目(6592); 教育部优秀青年教师资助计划; 重庆市应用基础基金资助项目

作者简介: 李克钢(1978-), 男, 山西介休人, 重庆大学硕士研究生, 主要从事岩石力学与工程方向的研究。



1-试件；2-节理面；3-水平千斤顶；4-滚轴；5-垫板；6-垂直千斤顶；7-框架；8-位移表；9-千斤顶支架

图1 压剪加载装置图

间隔定为 5 min, 以确保无论法向压力还是切向压力都达到恒定值。

由于在自然状态下寨坝滑坡体基本处于稳定状态, 只有当其受到降雨的影响即在含水量发生变化时才会出现失稳的情况, 因此, 试验分别对试件在自然状态与饱水状态 2 种情形进行了抗剪试验, 而对于每种状态都进行了法向力分别为 3.29 kN、6.58 kN、9.86 kN、13.15 kN 的 4 次试验。在每次试验过程中始终保持法向力恒定, 然后逐渐增大水平剪切力直至试件破坏为止。

## 2 实验结果和分析

### 2.1 变形特性

图 2 具体给出了岩体试件在法向载荷为 9.86 kN 时的剪切力 - 剪切位移图, 从图中可以看到: 在加载初期, 剪应力增加较快, 但剪切位移增加较慢, 变形呈弹性, 剪切刚度可视为常量; 随着剪应力增大, 在到达峰值剪切力之前, 剪切位移明显增大, 剪切刚度逐渐减小; 达到峰值剪切力时, 抗剪能力迅速下降, 位移量却大量增加。

当位移很小时, 剪应力随切向位移呈线性增长, 表现为弹性; 当剪应力增大到足以克服移动阻力之后, 剪应力 - 剪切位移曲线呈非线性变化; 当剪应力将要达到峰值强度时, 切向位移突然增大, 说明试件已沿结构面剪坏。

### 2.2 法向力不同对剪切力的影响

图 3 具体给出了岩体试件在自然状态下法向载荷分别是 3.29 kN、6.58 kN、9.86 kN、13.15 kN 时的剪

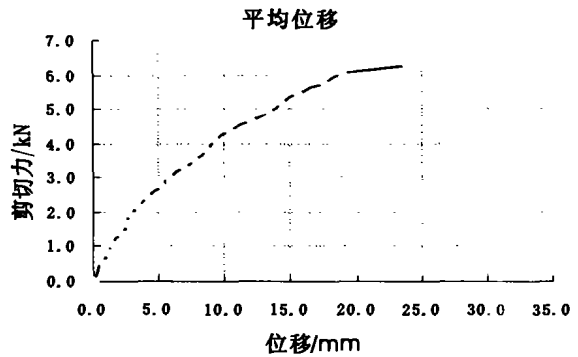


图2 法向力为 9.86 kN 时的剪切位移图

切力与剪切位移对比图如图 3 所示。

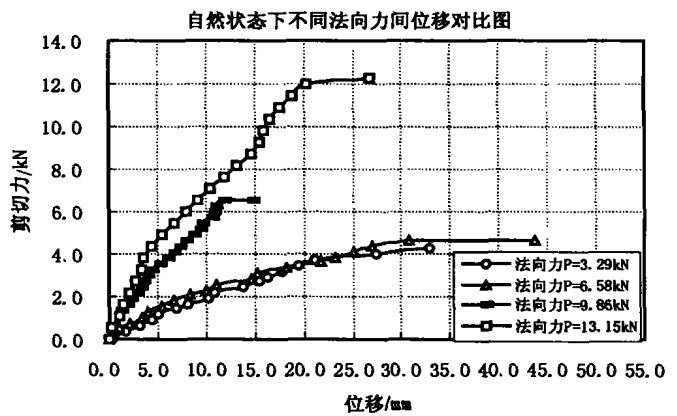


图3 自然状态下不同法向力间剪切位移对比图

从图 3 中可以看出: 图中 4 条曲线的变形情况都比较相似, 都与 2.1 中所分析的相吻合。在法向力由 3.29 kN 升高到 13.15 kN 的过程中, 剪切力 - 剪切位移曲线的斜率依次增大, 剪切力峰值点也依次提高, 说明随着法向力的增大, 结构面的抗剪强度值逐渐增大, 这与理论情况是相符的。从这 4 条变形曲线对比看, 要使滑移面产生相同的剪切位移, 随着法向力的增大, 需要的剪切力也越来越大, 这说明滑移面的剪切破坏是与法向力密切相关的: 即当法向力增大时抗剪强度增大。从图中也可看出, 随着法向力从 3.29 kN 到 6.58 kN, 从 6.58 kN 再到 9.86 kN, 当滑移面到达抗剪强度值发生破坏时所产生的剪切位移值都相应减小了, 而从 9.86 kN 到 13.15 kN 时到达抗剪强度值发生剪切破坏时的位移值却增大了。出现这种情况的原因可能是由于试件没有被更好的压实, 而 9.86 kN 是个转折点, 在小于 9.86 kN 时所加的法向力主要是作用在了试件的压密上而没有作用到滑移面上; 而在 9.86 kN 以后, 由于试件已经被充分压密实了, 那么所施加的法向力则是真正的作用在了滑移面的摩擦力上, 从而使得发生破坏时的剪切位移值相应的增大了。

### 2.3 含水量对剪切力的影响

图4为在相同的法向力(6.58 kN)作用下自然状态与饱水状态时的剪切变形情况对比图。从图中2条变形曲线的对比情况来看,在两种情况下曲线的演化趋势是基本一致的,但岩体试件在自然状态时的抗剪强度要比在饱水状态时的大,这是因为随着岩体试件结构面中含水量的增大,水对结构面产生了润滑作用,降低了滑移面的摩擦系数,从而使得摩擦力也相应减小所致。另外,从该图中还可看出如要使滑移面产生相同的剪切位移,在自然状态下所需的剪切力要比在饱水状态下的大,也即在相同剪切力下所产生的剪切位移在饱水状态时比自然状态时的要大。

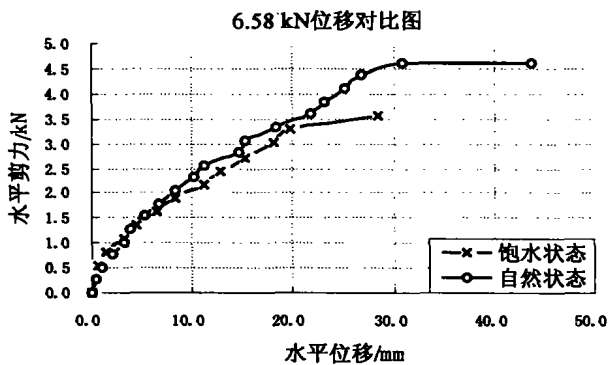


图4 相同法向力下含水量不同时剪切位移对比图

### 3 结论

1) 在加载初期,剪切变形近似为弹性,但随着剪

切载荷的增加,剪切位移明显增大,在接近最大抗剪力时,结构面抗剪能力迅速下降,从而使得滑移面发生破坏。

2) 通过对岩体试件进行不同法向载荷和不同含水量条件下的抗剪试验发现,法向力的不同及含水量的不同都会对滑移面的抗剪性能产生一定程度的影响:随着法向力的增大滑移面的抗剪强度将增大;在同一法向力作用下随着含水量的增大抗剪强度则降低。

3) 实验研究结果还表明,采用该试验装置分析岩体结构面的抗剪性能是可行的,并可进一步推广到工程现场实施现场直接剪切实验,为研究岩体结构面抗剪性能奠定了基础。

#### 参考文献:

- [1] 李瑞源. 岩体抗剪参数的确定[J]. 南昌水专学报, 1996, 15(1): 19-25.
- [2] 光耀华. 岩体抗剪强度特性研究[J]. 广西大学学报, 1998, 23(4): 325-330.
- [3] 徐志伟, 张景德, 李裕中, 等. 岩体抗剪强度单点法的依据与判据[J]. 岩石力学与工程学报, 1998, 17(6): 655-661.
- [4] 张景德, 刘培泰, 黄成佳. 软弱结构面和裂隙岩体直剪破坏机理研究[J]. 岩土工程学报, 1994, 16(6): 21-29.
- [5] 崔中兴, 宋克强. 岩石软弱结构面抗剪强度的单试件确定法[J]. 岩土工程学报, 1996, 18(4): 84-90.
- [6] 李建林, 孙志宏. 节理岩体压剪断裂及其强度研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2000, 19(4): 444-448.

## Experimental Study on the Shear Distortion of the Discontinuity of ZHAIBA Landslide in the Yunyang City

LI Ke-gang, XU Jiang, LI Hua, WANG Wei-zhong

(Key laboratory for the Exploitation of Southwestern Resources & the Environmental Disaster

Control Engineering Under the State, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** In order to analyze the stability of the landslide, it is important to make the shear strength test to discontinuity of the landslide. So, we must use a method of simpleness, practicality and speediness to determine the shear strength of the discontinuity. Using homemade shear equipment, the authors make shear strength test to model from landslide of ZHAIBA under different situation. After analyzing the experiment data we conclude that the shear strength of the discontinuity is relevant not only to compressive force but also to containing water of the discontinuity, Shear strength will rise as compression force rise and will reduce as containing water of the discontinuity rise.

**Key words:** shear distortion; discontinuity; experimental

(编辑 姚飞)