

圆柱体岩块变角板试验结果分析

黄英娣

(桂林工学院建设工程系 541004)

摘要 将圆柱体岩石试件放在一对自制的半圆形钢制卡环内,进行变角板试验,并将其结果与标准正方体试件的试验结果进行比较,发现两种不同形状岩样的内聚力 c 值及内摩擦角 φ 值比较接近,且圆柱体试件试验所得剪应力 τ 与正应力 σ 之间的相关系数大于0.96,破坏面理想,破裂体两半基本对称,故圆柱体试件变角板试验结果具有一定的可靠程度。

关键词 圆柱体;正方体;岩块;变角板;试验;内聚力;内摩擦角;岩石力学

分类号 TU458.3

文献[1]规定变角板试验须采用 $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 或 $7\text{cm} \times 7\text{cm} \times 7\text{cm}$ 的正方体试件,这就要求现场采取的样品尺寸必须较大,方可加工成标准试件。在实际工程中,大部分都是采用圆柱体状岩芯标本,直径一般为 $5 \sim 7\text{cm}$,特别是那些较软或中等硬度岩石,很难采取到较大的岩样,因此也就很难按要求加工成标准试样,但工程又要求必需进行此试验,以取得岩石的 c 和 φ 值。针对这一情况,笔者设计了一对半圆形钢制卡环,将岩样加工成直径为 5cm ,高径比为 $1:1$ 的短圆柱体,将其卡在卡环内,放入变角板夹具中进行抗剪断试验。为了检验数据的可靠性,而采集了一些样品,进行了对比试验。

1 样品的制备

试验采用的岩样分别是灰岩、花岗岩及粉砂岩,把从现场取来的岩样,按相同方向,相同的含水状态,分别加工成 $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 的标准正方体试件及 $\Phi 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 的圆柱体试件,灰岩试件表面含有微裂隙,花岗岩中等~强风化,表面裂隙较多。正方体试件相邻面互相垂直,偏差 $< 25^\circ$,相对面不平行度 $< 0.05\text{mm}$ 。圆柱体试件两端面的不平整度误差 $< 0.05\text{mm}$,端面垂直轴线,最大偏差 $< 25^\circ$ 。

2 试验步骤

将加工好的正方体试块直接放入上下的倾斜压模内,圆柱体试件在卡环中卡好后再放入倾斜压模内,将它们分别放在试验机的上下承压板间,试验机施加轴向荷载,其加载速度为 $0.5 \sim 1.0\text{MPa/s}$,由压模向试件施加沿固定剪切面的垂直力和水平力,直到试件剪断,记录轴向破坏荷载,卸荷。然后,变换角度进行另一块试验,每组数量约 $12 \sim 15$ 块,每个角度约 $2 \sim 3$ 块试件,角度变换范围在 $50^\circ \sim 70^\circ$ 内,分别得到以上3种岩石的正方体

1996年11月18日收稿。

作者简介:黄英娣,女,1956年出生,实验师,岩土工程专业。

试件及圆柱体试件在不同角度下的轴向破坏荷载 P (表 1~3)。

3 试验资料整理及结果分析

变角板剪切试验是一种剪切应力与正应力成等比例加载的剪切试验,其应力分布,到目前为止,仍用材料力学方法来进行计算,在轴向载荷 P 的作用下,根据剪切面的垂直和平行方向的平衡条件,由 (1)、(2) 分别求出剪切面上的剪应力和正应力 (表 1~3)。

$$\tau = P(\sin \alpha - f \cos \alpha) / A \quad (1)$$

$$\sigma = P(\cos \alpha + f \sin \alpha) / A \quad (2)$$

式中: τ —剪切面上的剪应力, MPa;
 σ —剪切面上的正应力, MPa; α —轴向荷载与破坏面的夹角, ($^{\circ}$); A —破坏面面积, mm^2 ; f —滚轴的摩擦系数; P —轴向破坏荷载, N。

然后, 绘制法向应力 σ 与剪切强度 τ 的关系曲线, 试验所得各点可连成曲线, 也可连成直线, 一般在 $\sigma < 10\text{MPa}$ 时可视为直线, 按直线整理, 由最小二乘法求得直线方程:

$$\tau = \sigma \tan \varphi + c$$

式中: φ —直线与 σ 轴之夹角 (岩石内摩擦角); c —直线在 τ 轴上的截距 (岩石内聚力)。为检验试验结果是否符合线性关系。分别求出 3 种岩石不同形状试验的相关系数, 以及 c, φ 值, 以便于对比分析。

由表 1~3 可见, 3 种不同岩性圆柱体试件所得的 σ 与 τ 表现了良好的线性关系, 其对应的相关系数分别是 $r_1 = 0.97, r_2 = 0.97, r_3 = 0.99$ 。将其 c, φ 值与标准试件的试验结果相比较, 它们之间的偏差不大, 灰岩的两种试验结果相当接近, 另两种岩性的试验结果也比较接近。 c 值的误差, 灰岩为 0.97, 粉砂岩为 1.27, 花岗岩稍大为 7.24; φ 的

误差, 灰岩为 0.8° , 粉砂岩为 2.5° , 花岗岩为 1.5° , 误差均不大。从它们的关系中 (表 4) 还可以发现, 圆柱体试件的 c 值均大于正方体试件; 而 φ 值则有大有小, 结果较接近。虽

表 1 灰岩变角板试验结果对比

Table 1 Comparison of results of angle-varied plate experiment of limestone

	5cm×5cm×5cm 正方体			Φ5cm×5cm 圆柱体			
	P/kN	τ/MPa	σ/MPa	P/kN	τ/MPa	σ/MPa	
角	50	199	57.14	55.76	185	67.65	66.02
度	55	175	54.31	44.48	152	60.08	49.20
60	145	48.05	32.77	118	49.80	33.96	
$/^{\circ}$	65	110	38.46	21.65	89	39.64	22.31
	70	61	22.31	10.06	52	24.22	10.93
强度公式	$\tau = 0.75\sigma + 19.39$			$\tau = 0.77\sigma + 20.36$			
相关系数 r	0.96			0.97			
c/MPa	19.39			20.36			
f	0.75			0.77			
$\varphi/^{\circ}$	36.8			37.6			

*每一角度的试件数均为 3 个。

表 2 风化花岗岩变角板试验结果对比

Table 2 Comparison of results of angle-varied plate experiment of weathered granite

	5cm×5cm×5cm 正方体			Φ5cm×5cm 圆柱体			
	P/kN	τ/MPa	σ/MPa	P/kN	τ/MPa	σ/MPa	
角	50	159	45.65	44.55	171	62.53	61.02
度	55	115	35.69	29.23	130	51.38	42.08
60	92	30.49	20.79	115	48.54	33.10	
$/^{\circ}$	65	63	22.03	12.40	83	36.96	20.80
	70	38	13.9	6.27	46	21.43	9.67
强度公式	$\tau = 0.81\sigma + 11.31$			$\tau = 0.77\sigma + 18.55$			
相关系数 r	0.98			0.97			
c/MPa	11.31			18.55			
f	0.81			0.77			
$\varphi/^{\circ}$	39			37.5			

*每一角度的试件数均为 3 个。

两者 c 值之比很接近, 比值的变化范围也不大, 但没有明显的规律, 由于试验数量有限, 尚无法用一表达式表示出它们之间的相关关系。另外观察岩块破坏模式, 圆柱体试件的破坏面理想, 基本沿着指定的面剪断, 破坏体两半也基本对称, 因此, 圆柱体试件的变角板试验结果具有一定可靠程度。

4 结论

(1) 圆柱体岩块变角板试验, 从实际出发解决了取样难, 加工难的问题, 又能满足工程需要。此法既有实用性, 也有一定的科学性。

(2) 圆柱体试件与标准试件试验结果相近, 误差不大, 虽目前对此误差的精度要求尚无规范。但经过数年的实践, 圆柱体试件的变角板试验结果具有一定的可靠程度, 可以采用。

(3) 存在的问题: 变角板试验得到的内聚力 c , 为何圆柱体大于正方体? 如何建立二者的相关关系, 有待于进行大量的对比试验及理论研究。

表 3 粉砂岩变角板试验结果对比
Table 3 Comparison of results of angle-varied plate experiment of powder sandstone

	5cm×5cm×5cm 正方体			Φ5cm×5cm 圆柱体			
	P/kN	τ/MPa	σ/MPa	P/kN	τ/MPa	σ/MPa	
角 度 / °	50	19 (2)	5.46	5.32	22 (2)	8.04	7.85
	55	16 (2)	4.97	4.07	17 (3)	6.72	5.50
	60	14 (3)	4.64	3.16	14 (2)	5.91	4.03
	65	10 (3)	3.50	1.97	12 (3)	5.34	3.01
	70	8 (2)	2.93	1.32	10 (3)	4.66	2.10
强度公式	$\tau = 0.64\sigma + 2.27$			$\tau = 0.58\sigma + 3.54$			
相关系数 r	0.98			0.99			
c /MPa	2.27			3.54			
f	0.64			0.58			
φ /°	32.6			30.1			

注: 表中括号内为试件个数。

表 4 圆柱体试件与正方体试件 c , φ 值的关系

Table 4 Relationship of cylinder sample's and cubic sample's c and φ

岩样名称	$c_{圆}/c_{方}$	$\varphi_{圆}/\varphi_{方}$
灰岩	1.05	1.02
风化花岗岩	1.64	0.96
粉砂岩	1.55	0.92

参 考 文 献

1 地质矿产部. 岩石物理力学性质试验规程, 北京: 地质出版社, 1988. 117~118

ANALYSIS OF RESULTS OF ANGLE-VARIED PLATE EXPERIMENTS OF CYLINDRICAL ROCK BLOCK

Huang Yingdi

(Department of Construction Engineering, Guilin Institute of Technology)

Abstract Cylindrical rock samples are placed in a couple of semi-circle steel hoop. Angle-varied plate experiments are carried. Result from it is compared with that from the experiment of standard cubic samples. It is found that cohesions c and internal friction angles φ of two sorts of rock samples are closer. The relationship coefficient of τ and σ cylinder samples is more than 0.96. Split face is regular. Two parts of sample are symmetric. Thus angle-varied plate experiment of cylinder rock samples is reliable.

Key words cylinder; cubic; rock block; angle-varied plate; experiment; cohesions; internal friction angles; petromechanics