

不规则试件与规则试件抗压强度的对比试验

韩甫田 黄踪英 肖永谦

一、实验

用天然风干状态的厚层灰岩(容重2.69克/厘米³)、石英砂岩(容重2.63克/厘米³)分别制成:

1. 长轴比接近1.5的似椭球体和似长方体各一组。每组又分别取350、320、290、260、230、200、170、140、110、80、50、20克等不同重量的试件。同一重量级的试样各取15件。实际重量与设计重量不超过10%。沿试件长轴方向加荷。

2. 尺寸为5×5×5、4×4×4、3×3×3、2×2×2厘米³的规则立方体试件一组,作面负荷轴向压缩破坏试验。

二、结果

1. 沿似椭球体长轴加荷时,岩样抗压强度 σ_{cl1} ,按下式计算:

$$\sigma_{cl1} = \frac{P}{V^{2/3}} = P \left(\frac{r_0}{G} \right)^{0.67} \quad (1)$$

式中 P 为破坏负荷, V 为试件体积, r_0 为试件容重, G 为试件重量。对长短轴比为1.5的椭球体, $V^{2/3} \approx 1.08\pi b^2$ (b 为试件短半轴)所以, $V^{2/3}$ 实际上是似椭球体赤道面面积。

2. 沿似长方体长轴加荷时,岩样抗压强度 σ_{cl1} ,按下式计算:

$$\sigma_{cl1} = \frac{P}{4b^2} \quad (2)$$

式中 $4b^2$ 为似长方体赤道面面积。在制样过程中,似长方体长轴两端部与似椭球体类似,只是其中间部分接近长方形。因此, $4b^2 \approx 1.27(\pi b^2)$ 。所以,可将(2)式化为:

$$\sigma_{cl2} = \frac{P}{1.27} \times V^{2/3} = \frac{P}{1.27} \left(\frac{r_0}{G} \right)^{0.67} \quad (3)$$

3. 规则立方体抗压强度 σ_c ,按下式计算:

$$\sigma_c = \frac{P}{4b^2} \quad (4)$$

上述三类试件抗压强度结果,列在表1、2、3。

三、分析讨论

1. 用上述三类试件进行压缩破坏试验时,其破坏

负荷 P 与试件重量 G ,在 $\lg P \sim \lg G$ 坐标中存在线性关系,可用下述各式表达:

A、对厚层灰岩

$$\left. \begin{aligned} P_{cl1} &= 51G^{0.67} \\ P_{cl2} &= 87G^{0.67} \\ P_c &= 493G^{0.67} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

B、对石英砂岩

$$\left. \begin{aligned} P_{cl1} &= 159G^{0.58} \\ P_c &= 192G^{0.55} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

将(5)、(6)式代入上述(1)、(3)、(4)式,经简化后可得:

A、对厚层灰岩

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{cl1} &= 99G^{-0.05} \\ \sigma_{cl2} &= 133G^{-0.1} \\ \sigma_c &= 956G^{-0.05} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

B、对石英砂岩

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{cl1} &= 304G^{-0.09} \\ \sigma_{cl2} &= 289G^{-0.12} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

由(7)、(8)两式可以看出,上述各类试件的抗压强度与试件重量,亦即与试件体积或尺寸有关。但在20—350克重量范围内,以任一重量级的长短轴比约1.5的似椭球体或似长方体试件,测试不规则试件的抗压强度,其尺寸效应并不很明显。

2. 对同种岩石,不规则试件抗压强度与规则试件抗压强度之比称为比数(f),由表1、2、可见,厚层灰岩与石英砂岩的比数范围是0.10—0.20,与前人报导的有关资料大致相符。因此,由不规则试件的抗压强度,可以估算规则试件的抗压强度。如果对不规则试件压缩试验进一步规格化,也可以提出用不规则试件抗压强度来评价岩石的稳定性。

3. 下面就试件内应力分布特征和破坏形态作简要的分析。

(1) 压缩时,试件的应力分布

按照定义,抗压强度是指试件单位赤道面面积(即试件单位中间水平断面面积)所受的极限垂直压应力的大小。因此,在试件的赤道面上所受的垂直压应力,应该是均匀分布的,而且试件最终应是由垂直压应力而导致破坏。

表 1

厚层灰岩不规则试件抗压强度

试件类型		似 楠 球 体										似 长 方 体														
		强度		抗压强度 (公斤/厘米 ²)		偏差系数 (%)		比数*		平均破坏负荷 (公斤)		平均实际样重 (克)		试件数量		平均破坏负荷 (公斤)		试件数量		平均实际样重 (克)		偏差系数 (%)		比数*		
设计试件重 (克)				最小值	中值	平均值																				
350		15	263	1998	35	119	65	74	37	0.11	15	364	2691	30	115	71	80	33	0.12							
320		15	327	1773	46	110	73	71	24	0.11	15	297	2182	53	92	74	74	17	0.11							
280		14	309	1660	47	114	66	70	30	0.10	15	276	2040	26	107	77	73	35	0.11							
260		15	272	1588	33	135	70	72	38	0.11	15	236	1775	28	103	69	70	33	0.10							
230		14	246	1556	41	121	71	75	28	0.11	15	209	1955	58	126	79	84	27	0.12							
200		13	203	1244	32	98	76	68	30	0.10	15	173	1380	79	114	74	92	20	0.14							
170		14	164	1368	42	122	86	87	29	0.13	15	146	1789	56	120	97	98	21	0.15							
140		13	141	1267	52	130	87	83	24	0.12	15	109	1410	59	161	80	94	37	0.14							
110		15	112	1077	52	144	89	88	31	0.13	14	81	990	44	127	79	80	31	0.12							
80		15	82	830	45	140	83	84	37	0.12	15	55	862	60	137	86	90	27	0.13							
50		15	50	582	35	138	88	82	36	0.12	15	21	492	66	148	92	98	24	0.15							
20		13	21	431	75	151	102	109	25	0.16	14															

* 此处比数系由不规则试件抗压强度与 $5 \times 5 \times 5$ 厘米³规则试件抗压强度675公斤/厘米²之比求得的。

表 2

石英砂岩不规则试件抗压强度

设计 试件重 (克)		试件类型		似 楠 球 体						似 长 方 体									
				强度		抗压强度 (公斤/厘米²)				偏差系数 (%)		比数*	抗压强度 (公斤/厘米²)				偏差系数 (%)		比数*
						试件数量	平均实际 样重 (克)	平均破坏 负荷 (公斤)	最小值	中值	平均值		试件数量	平均破坏 负荷 (公斤)	最小值	中值	平均值		
350	290	14	346	4999	118	273	206	190	29	0.17	13	351	5730	135	231	167	171	18	0.15
230	200	16	238	4698	104	300	230	229	22	0.20	14	301	4721	100	229	151	156	25	0.14
200	170	15	201	2930	92	248	159	160	32	0.14	15	240	3727	77	232	131	143	29	0.13
170	140	16	171	2880	104	331	177	176	31	0.15	15	208	4299	76	291	164	182	37	0.16
140	110	15	146	2337	97	286	161	159	31	0.14	15	168	3073	80	224	157	151	26	0.13
80	50	15	113	2473	110	302	191	198	26	0.17	15	111	2864	115	219	144	149	20	0.13
50	20	15	82	2081	113	288	205	208	26	0.18	15	82	1806	110	196	141	142	25	0.12
		14	50	1541	100	300	224	214	28	0.19	15	52	1552	82	273	156	166	32	0.15
		15	21	844	97	301	207	210	26	0.18	15	20	1097	147	274	209	223	17	0.20

* 此处比数系由不规则试件抗压强度与 $5 \times 5 \times 5$ 厘米³规则试件抗压强度1140公斤/厘米²之比求得的。

厚层灰岩和石英砂岩规则立方体抗压强度 表 3

试件尺寸 (厘米)	试件数量 (个)	平均实际 样重(克)	平均破坏 负荷(公斤)	抗压强度 (公斤/厘米 ²)				偏差系 数(%)
				最小 值	最大 值	中 值	平均 值	
5×5×5	10	345	17320	531	910	629	675	19
4×4×4	9	176	13033	530	1086	732	800	20
3×3×3	7	74	7630	541	1010	868	830	19
2×2×2	8	23	3265	482	1068	719	766	24
5×5×5*	10	346	29600	798	1630	1125	1140	22

* 为石英砂岩结果

但是,实际上,当试件压缩时,无论是规则试件,还是不规则试件,由于边界条件难于控制,而且岩石是非均质的非弹性体,因此,其端面应力分布及试件内部应力分布是相当复杂的。

假定试件为均质弹性体,据 Girijayallabhan 等人的资料^[4],在圆柱体赤道面中心的 σ_z/σ_0 值最大,从试件边沿到中心, σ_z/σ_0 值的波动范围约 0.7—1.1。

我们获得椭球体赤道面上 σ_z/σ_0 的分布,亦有类似规律,但 σ_z/σ_0 的波动范围是 0.57—1.64,没有前者均匀。看来,在圆柱体(或立方体)压缩时,求出的抗压强度,可能更接近真正的抗压强度。

(2) 压缩时,试件破坏方式

当规则立方体受压时,观察到试件中间部分表面,平行加荷方向发生许多裂缝,向试件端面扩展,并伸入试件中心。当试件破坏时,在与压力机板接触

的两端出现锥体。锥体与其周围材料的分离,可能主要与剪应力有关。而试件中间部分出现平行加荷轴方向的岩条,主要与环向拉应力和径向拉应力有关。

似椭球体与似长方体,一般是沿试件子午面劈裂成两块(少数为多块),看来其破坏主要是由垂直加荷轴上的拉应力(当然,不能忽视 $\sigma_1-\sigma_3$ 的影响)所导致的。因此,不规则试件的抗压强度,实质上,可能主要反映了试件的抗断裂能力。

综上所述,

1. 用似椭球体岩样,可按 $\sigma_{cl1} = P \left(\frac{r_0}{G} \right)^{0.57}$ 。

用似长方体,可按 $\sigma_{cl2} = \frac{P}{1.27} \left(\frac{r_0}{G} \right)^{0.57}$ 计算岩石抗压强度,其值与规则试件抗压强度间存在一定关系。

2. 比数 f , 可以作为岩石脆性和粘结性的度量。

参 考 文 献

- [1] М. М. Протодьяконов等, 1957年, «уголь», №. 4, p13—p17.
- [2] И. Г. Лощков等, 1965年, «уголь», №. 2, p. 12—p. 15.
- [3] Е. И. Сильницкая, М. М. Протодьяконов, 1982年, Исслед. физ-механ. свойств горн. пород применительно к задачам управления горн. давлением, М. АН СССР. p. 15—p. 26.
- [4] V. S. Vutukuri等, 1974年, Handbook on Mechanical properties of Rocks, Volume I.
- [5] А. А. Илинвский等, 1961年, «уголь» №1. p. 34—p. 36.

(1980年1月14日收到)



《水文地质学中模拟应用的理论和实践》

作者: И. К. 加维奇, 莫斯科《矿藏出版社》1980年, 358页, (И. К. Гавич, «Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии», «Недра», 1980)

本书作者在莫斯科地质勘探学院从事三十多年的水文地质学中模拟应用的教学和科研工作, 该书综合了模拟方法在水文地质学中利用的大量资料, 首先从方法角度论述了模拟方法的作用, 在工程的预测问题中以及在区域水文地质研究中的应用, 并阐述了今后模拟方法在水文地质中的应用发展远景, 该书还综述了有关用模拟计算机和电子计算机解算逆问题的方法, 并提出了若干新的求解逆问题的方法。

全书分三个部分共十章:

第一部分 水文地质模拟的理论原理;

第一章: 水文地质中模拟方法的现状和发展; 第二章: 模拟的基本概念、分类和任务; 第三章: 解决水文地质问题的比拟和类比法理论的基本原则; 第四章: 水文地质条件的概况和模型编制的某些特征。

第二部分 同一性 (идентификация) 问题理论的水文地质原理;

第五章: 同一性的水文地质问题及其解题原则; 第六章: 逆问题理论的水文地质原理; 第七章: 标准结构研究和逆问题最佳解法的原则图解; 第八章: 利用地下水扰动和天然动态观测资料求解逆问题; 第九章: 模型和模拟结果可靠性和精度的论证。

第三部分 区域水文地质问题的模拟;

第十章: 恢复含水岩系古动力学 (палеодинамика) 的模拟。 (汪熊麟)