

# 基于FLAC<sup>2D</sup>的岩石单轴压缩模拟实验

杨引尊 周克虎  
三峡大学土木与建筑学院

**摘要:** 采用FLAC2D开展岩石单轴压缩模拟实验, 探究网格划分数目、加载速率对模拟压缩结果的影响。数据显示, 随着网格数量的增加, 在step值较大时, 计算曲线将趋于假设模型。随着加载速率的增加, 应力应变数值大小基本随加载速率降低的倍数等比例缩小。在岩样材料、加载速率、step值一定的条件下, 岩样破坏峰值强度随裂隙与水平夹角的增大逐渐增大。

**关键词:** FLAC<sup>2D</sup>; 网格划分; 加载速率; 岩石裂隙

在自然中各种地质构造作用下, 岩石中往往存在多角度不同长度的裂隙, 其对工程的安全性和稳定性有难以预测的影响, 因此, 如果可以利用数值计算软件对岩体的强度进行模拟, 对岩体工程的设计和施工具有重要意义。

## 一、模拟方案

试样采用直径50mm×高100mm标准圆柱体尺寸, 模型均选用统一的计算参数, 具体见表1。

模拟共分两部分, 第1部分为从网格划分数量和加载速率两个因素来探究试样轴向应力、轴向应变等力学性质参数的变化; 第2部分为通过设置不同裂隙角度值来探究裂隙角度对强度的影响。

## 二、网格数量的影响

(一) 1个单元、加载速率为1e-7 (单向加载)、弹性模型, step3000

加载结果完全符合线性弹性模型。

(二) 100×200个单元、加载速率为1e-7 (单向加载)、弹性模型, step3000

获得的应力-应变曲线对比如图2所示。当单元数量增加后, 应力应变曲线变化比较大。但整体趋势与1个单元时差不多。考虑将step改成30000, nstep改成1000。可以看出, 应力应变曲线基本成直线, 取得比较好的效果, 而且从曲线的斜率和model 1的单个曲线一致。将该情况下的前4个点与1个单元加载结果进行对比。

可以看出, 虽然有所区别, 但整体结果可认为是一致的。

(三) 300×600个单元 (最大单元数)、加载速率为1e-7 (单向加载)、弹性模型, step3000

可以得出, 整个曲线完全不符合线性弹性模型, 轴向应力在25MPa左右浮动。考虑将step改成30000, nstep改成1000, 根据所得曲线可以看出, 当step值较大时, 整个应力-应变曲线趋于线性弹性模型。

综上, 可以得出: ① 1个单元时, 应力-应变曲线与设定模型完全一致, 但随着网格数量的增加, 曲线有一定的变化, 如果step步数比较小, 计算曲线呈杂乱状态, 此时若增加step值, 则整体的曲线将趋于设定模型。网格单元较多时, 应尽可能的增加计算的步数。② 加载速率不变的情况下, 加载步数对模型施加的力不受网格数量的影响。不管是1个单元还是多个单元, 加载步数一样的情况下最终的轴向应力值都是一个水平的。

## 三、加载速率的影响

(一) 300×600个单元、加载速率为1e-9 (单向加载)、弹性模型、step3000

加载结果显示, 其不符合弹性模型, 轴向应力在250kPa左右浮动, 没有大幅度变化。考虑将step改成30000, nstep改成1000。加载结束后, 观察到曲线近似于直线, 基本符合弹性模型。

(二) 300×600个单元、加载速率为1e-11 (单向加载)、弹性模型、step3000

可以得出, 应力与应变的数值相较于Model4均缩小了1020倍, 图像不符合弹性模型, 轴向应力在2.5kPa左右浮动, 没有增加。考虑将step改成30000, nstep改成1000, 后与Model4得到的图像进行对比分析。

可以观察到加载速率降低, 应力应变数值大小基本随加载速率降低的倍数等比例缩小, 变化前后图像的趋势基本相同。

(三) 300×600个单元、加载速率为1e-13 (单向加载)、弹性模型、step3000

可以得出, 曲线不符合弹性模型, 在网格数量较多且一定的情况下, step数越高, 所得数据越靠近于真实值。

## (四) 关于加载速率的结论

① 在某一特定速率下, step值较少时, 所得曲线十分杂乱, 不符合设定模型。增加step的步数, 所得图像趋于设定模型。在网格数与加载速率一定时, 应尽量增加step步数。

② 网格数量不变且在step步数较多时, 应力应变数值大小基本随加载速率降低的倍数等比例缩小。

## 四、裂隙走向对岩石抗剪强度的影响

为探究裂隙角度对岩石强度的影响, 将试样预制30°、45°、60°、90°的缝隙, 裂缝尺寸为长10mm×宽1mm。采用库伦-摩尔模型模拟各角度下岩样的破坏状态, 结果如图1所示。

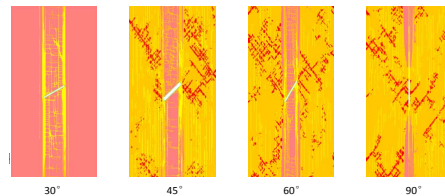


图1 不同裂隙角度下岩样破坏状态

根据实验数据可以看出, 在材料、加载速率、step值一定的条件下, 岩样破坏峰值强度随裂隙角度的增大逐渐增大。

## 参考文献

- [1] 周云荣, 祁镇廷. 谈岩石抗压强度问题[J]. 工程建设与设计, 2018 (21): 43-46.
- [2] 肖桃李, 何祥锋, 汪宗华, 张万强, 田永锋. 单轴压缩下单裂隙类岩石强度变形特性分析[J]. 长江大学学报(自科版), 2018, 15 (01): 64-67+8.

表1 材料参数

参数	值	名称	值
密度/kg·m <sup>-3</sup>	2400	泊松比 μ	0.22
粘聚力 c/MPa	20.75	内摩擦角/°	44.7
抗拉强度 /MPa	10.5	弹性模量/GPa	7.29
体积模型/ GPa	4.34	剪切模型/ GPa	2.99