

短棒型压缩方法测量岩石 II 型断裂韧度的有效性

Validity of for measuring mode II fracture toughness of rocks using the short-rod-type in compression method

詹志峰¹ 姚伟¹ 夏开文²
Zhan Zhifeng¹ Yao Wei¹ Xia Kaiwen²

(1. 水利工程智能建设与运维全国重点实验室, 天津大学, 天津 300350;

2. 地质安全研究院, 中国地质大学(北京), 北京 100083)

(1. State Key Laboratory of Hydraulic Engineering Intelligent Construction and Operation, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. Institute of Geosafety, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

摘要: 剪切断裂是深部岩石常见的破坏模式, 但准确测量岩石 II 型断裂韧度在岩石断裂力学中极具挑战。在各种测量 II 型断裂韧度的方法中, 短棒型压缩(短梁压缩和短芯压缩)方法因其简便而被广泛使用, 然而该方法的有效性目前还存在争议。鉴于此, 对不同切槽分离比(切槽间距 C /试样高度 $H=0.1, 0.2, 0.3$)的短梁压缩(short beam in compression, SBC)试样开展了有限元数值分析和静力单轴压缩试验以确定起裂模式和起裂位置, 并建立了考虑奇异应力和三分量 T 应力的断裂准则用于确定切槽尖端的起裂模式和裂纹起裂角。此外, 采用位移外推法和有限元法确定了 SBC 试样的应力强度因子和 T 应力。在应力分布分析的基础上, 使用库仑摩擦模型对 SBC 方法测量的岩石 II 型断裂韧度值进行了修正。研究表明: (1) 当 $C/H=0.1$ 和 0.2 时, SBC 试样的切槽尖端发生纯剪切断裂, 并且从切槽尖端向岩桥中间延伸, 表明短棒型压缩方法是测量岩石 II 型断裂韧度的有效方法; (2) 改进的断裂准则预测的剪切裂纹起裂角与预制切槽基本垂直, 与实验观察结果吻合较好; (3) 由于切槽尖端存在压应力, 有必要使用库仑摩擦模型对 SBC 方法测量的岩石 II 型断裂韧度值进行修正; (4) 剪切断裂过程区长度和修正后的 II 型断裂韧度均与 C/H 值有关, 较小的 C/H 会导致 II 型断裂韧度测量值与修正值间存在较大误差; (5) 采用短棒型压缩方法测量岩石 II 型断裂韧度时, 应在保证试样两侧不发生拉伸破坏的同时尽可能增大两切槽间距。

关键词: II 型断裂韧度; 短棒型压缩方法; 剪切断裂; 断裂准则