

循环荷载作用下冻融劣化岩石力学特性与断裂机制

Mechanical properties and fracturing mechanism of rocks exposed to freeze-thaw-fatigue loading

刘燚¹ 戴峰^{*,1} 张琪¹

Yi Liu¹ Feng Dai¹ Qi Zhang¹ Ming Dongwei¹

(1. 四川大学水利水电学院水力学与山区河流开发保护重点实验室, 四川成都 610065)

(1. State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering, College of Water Resource and Hydropower, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China)

* Corresponding author Email: fengdai@scu.edu.cn

摘要: 在高海拔山区, 由于温度周期性波动, 岩石工程遭受到严重的冻融问题。由冻融循环引起的岩石强度降低和冻胀变形可能引发许多地质灾害。本研究针对经过 0、10、20、30、40 和 50 次冻融循环处理的砂岩试样开展了系列循环单轴压缩试验, 研究冻融循环处理对岩石疲劳力学性能的影响, 包括疲劳变形特性、能量演化和冻融-疲劳耦合损伤。试验结果表明, 经过较高冻融循环处理的砂岩试样表现出更大的不可逆应变和更快的损伤积累, 引起较高的疲劳损伤变量和较低的疲劳寿命。随后, 利用数字图像相关技术和扫描电子显微镜揭示了冻融循环处理砂岩试样的疲劳开裂过程和微观断口形貌。在循环加载过程中, 试样的应变场在初始阶段呈现出均匀分布, 随着循环次数增加, 出现应变集中并逐渐增强, 最终导致疲劳断裂。随着冻融循环次数的增加, 砂岩的疲劳开裂表现出明显的延展性。此外, 我们进一步分析了宏观力学性能背后的微观断裂机制。同时, 本研究还针对冻融处理砂岩在循环加载和单调加载下的微观断裂机制进行了比较和讨论, 结果发现: 沿晶断裂是导致砂岩疲劳失效的主要微观机制, 而穿晶断裂则是引发单调失效的微观机制。

关键词: 冻融作用; 循环荷载; 疲劳力学特征; 宏观开裂行为; 微观断裂机制