

循环加卸载下白云质灰岩的非线性弹粘塑性蠕变行为及新的蠕变损伤模型

Nonlinear Creep Behavior and New Creep Damage Model of Dolomitic Limestone Subjected to Cyclic Loading and Unloading

王兴开¹ 未晚生¹ 项锦泽¹

Xingkai Wang¹ Wansheng Wei¹ Jinze Xiang¹

(1. 绍兴文理学院土木工程学院, 绍兴 312000)

(1. School of Civil Engineering, Shaoxing University, Shaoxing 312000, China)

摘要: 对于众多岩石工程项目, 在开挖扰动和长期运行阶段, 围岩应力是不断增大和减小的。本文使用先进的岩石力学测试系统(即 MTS815.04)探讨了白云质石灰岩在循环增量加载和卸载下的三轴蠕变行为。然后, 从总应变曲线中分离出瞬时弹性应变、瞬时塑性应变、粘弹性应变和粘塑性应变分量, 并分析了不同类型应变随偏应力增量的演变规律。此外, 引入了考虑不可恢复塑性应变占总应变比例的损伤变量, 并将新提出的损伤粘性体与 Hookean、St.Venant 和 Kelvin 单元串联, 建立了一个新的非线性多元蠕变模型, 并采用试验数据对新模型的参数进行了辨识和分析。研究结果表明: (1) 当偏应力不超过抗压强度的 75% 时, 仅发生瞬时变形、衰减蠕变和稳态蠕变变形, 岩石变形主要由瞬时应变表征, 而不可恢复的瞬时塑性应变占总瞬时应变的 38.02~60.27%; (2) 偏应力越大, 蠕变变形越明显。粘弹性应变随偏应力的增加呈线性增加, 特别是不可恢复的粘塑性应变随偏应力的增加呈指数级增加, 最终导致试样的蠕变加速与延迟失效; (3) 基于实验数据, 验证了所提出的非线性蠕变模型能够完好地描述全蠕变阶段, 尤其是三次蠕变阶段。研究结果可以加深对白云质灰岩弹粘塑性变形行为的认识, 对地下岩石工程的安全开挖和长期稳定具有一定理论和现实意义。

关键词: 分级加卸载; 灰岩; 加速蠕变; 塑性应变; 蠕变模型