

地震类荷载作用下岩石类材料的动态非线性本构模型及应用

Dynamic nonlinear constitutive model of rock materials under seismic loads and its application

周永强^{1,2}, 盛 谦^{1,2}, 付晓东^{1,2}

Zhou Yongqiang^{1,2}, Sheng Qian^{1,2}, Fu Xiaodong^{1,2}

(1 中国科学院 武汉岩土力学研究所 岩土力学与工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430071; 2 中国科学院大学 工程科学学院, 北京 100049)

(1. State Key Laboratory of Geomechanics and Geotechnical Engineering, Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China; 2. School of Engineering Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China.)

摘要: 随着西部大开发战略的实施, 公路和铁路隧道等岩石工程因地势险要和部位关键, 成为交通、铁路等生命线工程的主体结构与咽喉。然而强地震动的影响乃至诱发的破坏已成为不可避免的岩石工程建设难题, 开展地震响应规律研究是岩石工程建设的迫切需求, 岩石材料的动态本构模型是准确模拟地震动下岩体工程响应的基础和关键。针对地震作用下岩石材料的动态本构模型开展了系统的研究, 首先, 基于地震作用的特点, 将地震荷载等效成中低应变率的动态循环荷载, 并系统研究总结该荷载作用下岩石材料的动态力学性质; 其次, 基于热力学理论, 结合数据分析与损伤理论, 首次详细分析了岩石材料在动态加载和动态循环荷载下率效应与损伤效应的相互关系; 运用次加载面理论和修正 CWFS、动态增强因子模型, 建立了地震作用下岩石动态非线性本构模型, 该模型有效表征岩石材料滞回圈、累积塑性应变、损伤效应、率效应以及损伤和率效应的耦合效应, 实现了岩石动态非线性本构的理论创新与发展; 最后, 在此基础上, 通过数值实验, 揭示了不同加载参数的分级和多级循环荷载、真三轴不同加载频率循环荷载下岩石材料的动态力学性质, 有效地验证了该本构模型的准确性及应用前景, 并首次揭示了地震荷载和循环荷载下岩石材料的动态力学性质差异, 及不同地震荷载下岩石材料的动态力学性质差异, 突破了试验机认识的局限, 并提出了适用试验机一种快速确定地震荷载等效形式的方法。

关键词: 地震; 岩石材料; 动态本构模型; 动态力学性质; 应用