

真三轴复杂应力状态下混凝土动力学特性研究

Study on the dynamic behaviors of concrete under true triaxial complex stress

陈美多¹ 徐松林¹ 袁良柱¹ 王鹏飞^{1*}

Meiduo Chen¹, Songlin Xu¹, Liangzhu Yuan¹, Pengfei Wang^{1*}

(1. 中国科学技术大学, 中科院材料力学行为与设计重点实验室, 近代力学系, 安徽合肥 230027)

(1. CAS Key Laboratory for Mechanical Behavior and Design of Materials, Department of Modern Mechanics, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, 230027, China)

摘要: 应变率敏感性和应力状态是影响混凝土在动荷载作用下力学性能的两个重要因素。然而, 目前关于复杂应力状态下混凝土动态力学特性的研究尚不足。本文基于真三轴霍普金森试验系统, 研究了混凝土的应变率效应和中间主应力效应, 并讨论了动荷载作用下非均匀性对混凝土力学行为的影响。通过动态三轴和双轴试验, 研究了动态加载下方形混凝土试件的中间主应力效应。结果表明:三轴试验数据与动态 M-C 强度一致性较好, 但双轴试验数据与动态 M-C 强度偏差较大, 表明中间主应力效应明显;通过引入 Lode 角和应变率, 对 Drucker-Prager (D-P) 模型进行修正, 描述了中间主应力效应和应变率效应, 获得了较好的模拟结果。采用细观有限元模型 (meso-FEM) 进一步解释了非均匀性对混凝土动力学特性的影响, 并引入韦伯函数来描述混凝土非均匀性引起的横向惯性效应。在此基础上提出相对动应力 ($\eta = (\sigma_x - \sigma_e) / \sigma_x$), 相对动应力具有应变率效应、静水压效应和尺寸效应, 但与应力三轴度的关系不受以上效应影响。该工作将为动荷载作用下应力状态对混凝土力学性能的影响提供实验和理论指导。

关键词: 冲击载荷, 应变率效应, 应力三轴度, 中间主应力效应, Lode 角