

岩石破裂过程渗透性质及其与应力耦合作用研究*

杨天鸿

(东北大学资源与土木工程学院 沈阳 110006)

博士学位论文摘要 为了分析岩石细观结构特性变化引起渗透性演化对宏观力学行为的影响, 并进行渗流应力耦合作用下岩石破裂机制的研究。基于细观损伤力学和 Biot 经典渗流力学, 建立了岩体损伤非线性本构方程和渗透率关系模型, 开发出岩石破裂过程渗流-应力耦合分析系统(coupling system of flow and solid in rock failure process analysis, 简称 F-RFPA^{2D}), 拓宽了原有程序 RFPA^{2D} 的研究领域。这个系统能够对裂纹在萌生、扩展过程中渗透率演化规律及其渗流-应力耦合机制进行模拟分析, 把流固耦合问题的研究从应力状态深入到破坏过程。围绕岩石破裂过程中渗透性的演化规律及其渗流-应力耦合作用机理这一课题, 开展以下方面的研究工作:

(1) 对经典 Biot 渗流力学做了进一步的考察, 验证了建立耦合渗流方程的主要假设, 讨论了各种渗流与应力耦合方程及数学模型的适用条件, 通过不同深度岩体渗透率工程试验研究, 分析了连续介质模型耦合渗流方程参数的物理意义、适用性和测试方法。

(2) 通过岩石应力应变-渗透率全过程实验研究, 从细观结构特征揭示出岩石应力峰值前后的渗透性演化规律。基于逾渗理论, 通过引入突跳系数这一概念, 建立了描述岩石破裂过程的渗流-应力-损伤关系方程。

(3) 秉承 RFPA^{2D} 关于岩石材料的细观非均匀性的基本思想, 在统计损伤理论基础上, 提出了描述岩石破裂损伤过程的渗流-应力-损伤耦合模型, 建立了渗流-应力-损伤的基本方程和有限元方程, 设计出耦合迭代循环求解的算法。在原有的 RFPA^{2D} 程序基础上, 开发出渗流与应力耦合数值模拟软件 F-RFPA^{2D}。

(4) 依照相关资料, 模拟分析了在孔隙水压力作用下, 含孔洞、裂纹和颗粒等非均匀介质岩石的破坏过程, 不仅与试验结果较为一致, 而且能够通过应力场和渗流场的图形显示观察到试件结构中裂纹的萌生、扩展、贯通直至整个结构破裂的全过程, 加深了渗透性演化规律及其渗流-应力相互作用机制的认识, 取得了一些有意义的结论。

(5) 应用开发的耦合分析程序, 研究地铁隧洞开挖引起围岩渗流破坏过程、承压水作用引起底板突水过程、采动引起围岩渗透性演化规律和基坑开挖引起地面变形破坏过程。计算结果和实际情况较为一致, 显示出该系统良好的工程应用前景。

关键词 渗流-应力-损伤耦合, 破坏过程, 渗透特性, 裂纹, 非均匀性

STUDY ON PERMEABILITY CHARACTER AND COUPLING ANALYSIS OF SEEPAGE AND STRESS IN ROCK FAILURE PROCESS

Yang Tianhong

(Centre for Rock Instability Seismicity Research, Northeastern University, Shenyang 110006 China)

2001年11月6日收到来稿。

* 国家自然科学基金资助项目(59525408)。

作者 杨天鸿 简介: 男, 1968年生, 2001年于东北大学资源与土木工程学院工程力学专业获博士学位, 导师为郑雨天教授和唐春安教授; 现为东北大学资源与土木工程学院讲师, 主要从事岩石破裂机制及其边坡工程方面的研究工作。