

Boom Clay 泥岩渗流 - 应力 - 损伤耦合流变模型、 参数反演与工程应用

贾善坡

(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)

博士学位论文摘要: 泥岩由于其低渗透性、良好的蠕变性和遇水损伤自修复特征被认为是一种良好的核废料储存介质, 法国、比利时、瑞士等国相继建成地下试验平台, 开展泥岩现场多场耦合试验研究。结合比利时地下大型试验室正开展的泥岩研究课题, 从泥岩的力学特性、渗透性、开挖扰动区、地下水 - 围岩相互作用机制以及围岩流变性等方面开展研究, 主要研究成果如下:

(1) 建立了考虑最大拉应力准则的修正 Mohr-Coulomb 模型, 采用向后欧拉隐式应力积分算法编制了 UMAT 本构程序; 为描述泥岩的硬化和软化行为, 将损伤引入到修正的 Mohr-Coulomb 准则中, 基于损伤势函数的概念建立了泥岩弹塑性损伤本构模型, 导出了泥岩的损伤演化方程, 编制了泥岩弹塑性损伤本构程序。

(2) 基于拉丁超立方抽样, 提出了采用非参数统计方法中的秩相关系数来评价多因素敏感性的方法; 分别建立了基于侧压力系数的三维地应力反演模型、位移量测反演模型和渗流场反演模型, 提出 Nelder-Mead 法与有限元联合反演法, 将有限元程序作为一个单独模块嵌入到 Nelder-Mead 算法程序中, 以测点的实测值与计算值建立目标函数, 采用精确罚函数法实现有约束的反演问题转化成无约束的反演问题, 编制了优化反演分析程序。

(3) 针对本构模型的参数辨识问题, 编制了本构模型参数反演程序, 并根据非排水条件下泥岩三轴试验结果, 采用多目标函数优化反分析法获得了泥岩本构模型参数。

(4) 在分析软岩与水相互作用机制、不同应力 - 应变阶段渗透性演化规律以及隧洞围岩渗透性分区的基础上, 建立了渗透系数、孔隙度等参数的动态演化方程, 导出了岩土介质的渗流 - 应力动态全耦合模型; 基于应力 - 应变 - 渗透率全过程试验和渗透性工程试验, 通过引入损伤的概念, 建立了描述岩体破坏过程的渗流 - 应力 - 损伤耦合模型; 对隧洞围岩裂隙自愈合机制进行了分析, 通过引入愈合应力和水化学愈合因子的概念, 建立了描述泥岩裂隙自愈合特性的渗透性自愈合模型; 基于现场监测的孔隙压力资料, 采用有限元优化法反演了泥岩的渗透系数和渗透性演化方程中的待定参数。

(5) 根据泥岩的非线性蠕变变形特点, 建立了蠕变损伤与蠕变变形的关系式, 构造了基于 Mohr-Coulomb 准则的蠕变势, 导出了考虑渗流 - 应力 - 损伤耦合的非线性蠕变损伤本构模型, 采用了显式积分算法编制了 UMAT 蠕变本构程序; 基于近 20 a 的现场监测成果, 采用位移反分析法获得了本构模型中的待定参数。

(6) 在泥岩力学特性、渗透性、本构模型及长期强度准则等研究成果的基础上, 采用数值模拟方法, 研究储库围岩孔隙压力分布规律、开挖扰动区的损伤演化过程及渗透性演化规律, 对围岩稳定性进行评价, 预测试验巷道长期稳定性。

关键词: 岩石力学; 修正 Mohr-Coulomb 准则; 渗流 - 应力 - 损伤耦合; 优化反演; 渗透性演化; 裂隙自愈合

中图分类号: TU 45

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 6915(2009)12 - II - 01

HYDRO-MECHANICAL COUPLED CREEP DAMAGE CONSTITUTIVE MODEL OF BOOM CLAY, BACK ANALYSIS OF MODEL PARAMETERS AND ITS ENGINEERING APPLICATION

JIA Shanpo

(State Key Laboratory of Geomechanics and Geotechnical Engineering, Institute of Rock and Soil Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Wuhan, Hubei 430071, China)

收稿日期: 2009 - 07 - 13

基金项目: 国家自然科学基金重大国际合作项目(50720135906); 国家自然科学基金面上项目(40772184); 中国高技术研究发展计划(863)项目(2007AA11Z108) 赞助

作者简介: 贾善坡(1980 -), 男, 2009 年于中国科学院武汉岩土力学研究所获博士学位, 导师为陈卫忠、李香玲研究员, 主要从事地下工程、岩土工程及工程力学方面的研究工作。E-mail: jiashanporsm@163.com