

酸性环境下砂浆、砂岩材料的受酸腐蚀过程及其基本特性劣化规律的试验研究

霍润科

(西安建筑科技大学 土木工程学院, 陕西 西安 710055)

博士学位论文摘要: 选择目前环境岩土工程中最基础的科学问题, 即酸性环境下砂浆及砂岩材料的基本性质问题开展室内试验研究, 分析材料受酸腐蚀过程中物理、化学及力学特征, 揭示其性质变化的规律, 建立受酸腐蚀过程中材料的宏、细观模型, 提出以氢离子浓度变化为主要影响因素的岩石及混凝土结构使用寿命预测模型和方法, 主要创新性成果为: (1) 采用室内试验, 模拟强酸环境, 研究加速腐蚀过程中类砂岩材料——砂浆的物理化学性质变化, 揭示不同时段酸液中氢、钙离子浓度变化规律与砂浆受酸腐蚀的微细观机制。发现在腐蚀的初始阶段, 试样受扩散作用控制, 随着时间的增加, 化学反应速率加快, 溶解过程起到主导作用, 反映出腐蚀过程呈现明显的阶段性特征。(2) 对不同形状和尺寸的砂浆试样进行对比试验, 用定义的质量变化率、波速变化率、氢离子溶解速率和钙离子溶出速率, 对反应的不同阶段进行定量描述。试验过程中研究了浸泡试样的波速特征, 比较并发现不同浓度盐酸溶液中, 不同浸泡时段对纵波速度变化规律不尽相同; 结合溶液中氢、钙离子浓度变化和胶体化合物的形成过程, 孔隙中固、液、气三相比例变化等因素进行全面分析, 建立了受酸腐蚀等效体砂浆试样波速-孔隙率预测模型。(3) 通过对浸泡不同时段砂浆试样被酸液浸入深度的测量, 溶液浓度的监测及抗折断后破裂面的观察发现: 随着浸泡时间的延长, 盐酸浓度减小, 氢氧化铁、氢氧化铝等胶体化合物形成的阻隔作用加强是氢离子扩散速率和钙离子溶出速率减慢的原因。通过对试验结果的归纳分析, 提出了基于考虑腐蚀过程中试样孔隙率增大和承载面积减小的概化模型。由初步验证结果发现, 模型计算值与试验结果具有良好的一致性。(4) 对砂岩材料, 剖析钙质胶结长石砂岩试样在不同浓度盐酸溶液浸泡过程中的强度特性、破坏模式、应力-应变关系和割线模量等力学特征, 建立了氢离子扩散的常、变系数扩散模型。借助于无扰动 CT 扫描技术和化学动力学分析, 对受酸腐蚀的细观损伤机制进行量化分析, 建立试样单轴抗压强度、渗透破坏深度、CT 数与岩石密度之间的关系表达式, 实现宏、细观力学性质的有机结合。(5) 以快速试验对扩散规律的认识为基础, 考虑化学反应造成酸液浓度降低对腐蚀的阻滞作用, 建立了在大体积岩石及混凝土材料中考虑化学反应影响时溶质的扩散控制方程, 开发相应的二维有限元分析程序。结合一水利工程受酸雨影响的使用寿命问题, 提出一种预测大体积岩石及混凝土中酸液浓度扩散范围随时间变化及强度劣化规律的思路与方法。

关键词: 岩石力学; 砂浆、砂岩材料; 劣化规律; 受酸腐蚀; 纵波速度; 使用寿命预测

中图分类号: TU 458⁺.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-6915(2007)03-0647-01

EXPERIMENTAL RESEARCH ON PROGRESSIVE AND DETERIORATIVE CHARACTERISTICS OF SANDSTONE AND MORTAR SUBJECTED TO HYDROCHLORIC ACID CORROSION

HUO Runke

(College of Civil Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi 710055, China)

收稿日期: 2006-07-12

基金项目: 陕西省教育厅专项科研计划资助项目(04JK219); 陕西省自然科学基金项目(2003E216)

作者简介: 霍润科(1963-), 男, 2006年于西安理工大学岩土工程专业获博士学位, 导师为李 宁教授, 现任副教授, 主要从事岩土力学、环境岩石力学及工程地质方面的教学与研究工作。E-mail: rkhuo@hotmail.com