

地裂缝对地铁隧道的影响机制及病害控制研究

黄强兵^{1, 2}

(1. 长安大学 地质工程系, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学 国土资源部岩土工程开放研究实验室, 陕西 西安 710054)

博士学位论文摘要: 自 20 世纪 50 年代以来, 由于自然和人为因素的影响, 西安市区出现了大量地裂缝, 危害十分严重, 其未来活动对在建的西安地铁构成重大潜在安全隐患。因此, 西安地铁隧道穿越地裂缝的问题成为了一个全新的重大工程难题, 近年来引起了工程界和学术界的高度关注。以西安地铁隧道穿越地裂缝活动带为工程研究背景和依托, 对西安地铁沿线地裂缝未来活动趋势和最大垂直位错量进行了分析与预测, 采用大型模型试验和有限元数值模拟计算相结合的方法, 对地裂缝活动作用下不同衬砌结构类型的地铁隧道变形破坏机制及病害控制进行系统研究。主要研究工作和成果如下:

(1) 从超采地下承压水和区域构造运动对地裂缝活动的影响程度入手, 分析西安地裂缝未来百年的活动趋势。在现今活动速率和历史最大位错量分析的基础上对地裂缝未来活动量进行了预测, 得到地铁设计使用期(100 a)内西安地铁与地裂缝各交汇点附近地裂缝的最大垂直位错量。

(2) 通过大型物理模型试验和有限元数值模拟, 揭示地裂缝活动环境下地铁明挖箱形隧道、浅埋暗挖马蹄形隧道和盾构隧道分别正交和斜交穿越地裂缝带的变形破坏机制、隧道围岩压力与位移以及地表沉降变形的变化规律。

(3) 通过有限元数值模拟, 分析地裂缝作用下地铁隧道衬砌结构的变形与力学行为, 得出地裂缝作用下地铁隧道纵向变形曲线方程, 其表达式为: $y = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$, 其中 A, B, C, D 均为常数。同时, 揭示了地铁隧道与地裂缝斜交角度 θ 对地铁隧道衬砌结构变形破坏的影响规律。

(4) 根据衬砌类型、地铁隧道与地裂缝空间相交展布关系, 在大型模型试验和数值模拟的基础上, 提出地裂缝作用下地铁隧道变形破坏模式, 其中整体式衬砌隧道变形破坏模式为拉张-挤压破坏(正交)和拉张-扭剪破坏(斜交), 盾构隧道变形破坏模式为直接剪切破坏(正交)和扭转-剪切破坏(斜交)。

(5) 基于大型物理模型试验和有限元数值模拟方法, 建立地铁隧道穿越地裂缝带结构纵向设防长度的计算方法, 确定了西安地铁隧道正交与斜交穿越地裂缝带的纵向设防长度。建立基于三维空间地裂缝活动作用下分段式隧道运动位移模式和计算公式, 确定地铁隧道穿越地裂缝带的抗裂预留位移量(净空量)。

(6) 通过分段设缝的地铁隧道正交和斜交穿越地裂缝带的大型物理模型试验, 对分段设变形缝的地铁隧道穿越地裂缝带的适应性进行了研究, 结果表明分段柔性接头隧道能承受较大的剪切变形, 相邻衬砌管段变形和次生应力均较小; 同时多段设变形缝具有很好的消化地裂缝变形的效果, 从而说明多段设变形缝加柔性接头连接的地铁隧道具有较强的适应地裂缝活动大变形的能力。

(7) 基于西安地铁工程穿越地裂缝带的特殊性和复杂性, 在地裂缝活动可能引起的地铁工程病害分析的基础上, 从结构、防水、地基加固及基础处理、轨道调整等方面, 提出了地铁隧道穿越地裂缝带的病害控制措施。

关键词: 隧道工程; 最大垂直位错量; 模型试验; 变形破坏模式; 纵向设防长度; 抗裂预留位移量; 地铁病害; 控制措施

中图分类号: U 45; O 241

文献标识码: A

文章编号: 1000-6915(2009)10-2160-01

STUDY OF EFFECT OF ACTIVE GROUND FISSURE ON METRO TUNNEL AND ITS HAZARDS CONTROL

HUANG Qiangbing^{1, 2}

(1. Department of Geological Engineering, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China; 2. Open Research Laboratory of Geotechnical Engineering of Ministry of Land Resources, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

收稿日期: 2009-07-01

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40534021); 西安市地下铁道有限公司科技专项(D2-YJ-022008199); 长安大学青年科学基金项目(06Q08)

作者简介: 黄强兵(1972-), 男, 2009 年于长安大学地质工程专业获博士学位, 导师为彭建兵教授, 现任副教授, 主要从事地质工程、岩土及地下工程等方面的教学与研究工作。E-mail: dcdgx24@chd.edu.cn