

信息化条件下地下防护工程的破坏机制 与加固新技术研究

李秀地

(后勤工程学院 建筑工程系, 重庆 400041)

博士学位论文摘要: 通过理论研究、模型试验与计算机模拟相结合, 提出了信息化条件下地下防护工程的破坏机制新理论和抗震塌破坏加固的新方法。主要研究成果和结论如下:

(1) 基于层状介质中的波动理论, 提出了岩石-混凝土层状结构的震塌破坏模型。该模型考虑了混凝土的实际厚度, 为地下结构震塌破坏机制的研究开辟了新途径。通过算例详细分析了应力波在有限厚度混凝土中的传播规律。研究表明, 岩石性质对混凝土的震塌与否有着重要影响: 对于软岩石-混凝土层状结构, 混凝土中的拉应力不会超过初始拉应力水平; 而对于硬岩石-混凝土层状结构, 由于岩石界面的影响, 混凝土中的拉应力会超过初始拉应力水平。

(2) 考虑混凝土结构的实际厚度, 提出了岩石-混凝土-钢板层状结构的震塌破坏模型, 给出了混凝土震塌厚度的预测方法。通过实际算例得到以下结论: 一是仅考虑一次或少数几次从钢板中透射入混凝土中的拉应力进行抗震塌设计偏于不安全; 二是钢板抗震塌破坏的作用机制主要在于改变了混凝土中的应力状态和加载方式; 三是钢板的加固并不能确保混凝土中不发生震塌破坏, 钢板主要起到阻止震塌碎块飞离的作用; 四是考虑混凝土结构的实际厚度, 使抗震塌破坏设计偏于安全。

(3) 提出将三维波纹钢板应用于已建地下防护工程抗震塌加固的新方法, 并分析三维波纹钢板内衬混凝土的抗震塌机制: 一是由于三维波纹钢板特殊的形状使从钢板中透射到混凝土中的拉应力减少; 二是波纹使混凝土的震塌只会发生在局部; 三是波纹的约束作用还可能提高混凝土的强度。

(4) 三维波纹钢板内衬混凝土的爆炸试验表明, 三维波纹钢板内衬混凝土不会发生震塌危害。在此基础上的进一步分析还表明, 在相同厚度的情况下, 三维波纹钢板内衬混凝土能够比钢筋混凝土、混凝土和块石混凝土承受更大的装药量, 从而说明三维波纹钢板具有较强的抗震塌破坏能力。

(5) 为用 LS-Dyna 动力有限元软件模拟长坑道中化爆冲击波的传播规律, 采取以下方法: 一是将所研究的问题简化为沿着坑道纵剖面的二维平面问题; 二是利用 Hopkinson 比例定律将全比例模型按一定比例缩小后再划分单元; 三是炸药和空气单元采用欧拉算法; 四是假定地面、坑道壁面及岩石界面都不通过弹塑性变形吸收爆炸能量。用数值模拟手段形象地揭示了化爆冲击波在坑道中的复杂波动过程, 得到化爆冲击波峰值压力在坑道中的传播规律, 并与其他经验方法的预测结果进行比较。同时, 系统地研究装药形状和爆炸位置对坑道中冲击波传播规律的影响, 并得到一些有益的结论。

关键词: 地下结构; 震塌; 应力波; 抗震塌钢板; 冲击波; 衰减; 动力有限元

中图分类号: O 383⁺.3

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 6915(2006)2 - 0432

STUDY OF FAILURE MECHANISM AND NEW STRENGTHENING MEASURE FOR UNDERGROUND ENGINEERING UNDER CONDITION OF INFORMATIZATION

LI Xiu-di

(Department of Architectural Engineering, Logistical Engineering University of PLA, Chongqing 400041, China)

收稿日期: 2005 - 09 - 18

作者简介: 李秀地(1970 -), 男, 2005 年于后勤工程学院建筑工程系获博士学位, 导师为郑颖人院士和徐干成高工, 主要从事岩土工程、武器效应与工程防护技术等方面的教学与研究工作。E-mail: librte@sohu.com。