

地铁列车振动规律实测与分析

孟禹, 任青, 唐家进

(上海理工大学 环境建筑学院, 上海 20093)

摘要: 轨道交通给我们带来快捷和便利的同时, 引发的环境振动给人类的生活带来了不利的影响。为了探究地铁运行诱发地面振动的传播及衰减规律并确定地铁运行振动的影响范围。本文以上海地铁 2 号线轨道振动实测数据为基础, 分析了轨道交通引起环境振动的衰减特性。

关键词: 轨道交通; 环境振动; 频谱分析; 1/3 倍频分析

中图分类号: U231 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0142—03

随着科技的迅速发展及经济水平的显著提高, 国内城市化的步伐越迈越快, 然而人口相对集中, 导致城市交通系统承受的压力越来越大。因此, 地铁交通凭借着运行速度快、载客量大、舒适性强、安全性高、运行时间固定可靠、对环境污染极小等优点已成为城市交通工具的首选, 具有良好的社会效益^[1-2]。然而, 人们在享受发达交通方式带来便利的同时, 高速列车、地铁、城市道路交通等引起的振动对环境的影响也愈发突出^[3]。目前, 交通引起的振动已被列为七大环境公害之一, 为此国内外相关领域的科研从业者多年来一直致力于研究交通所引起振动的传播途径、振动规律、控制方法等。本文选择了上海地铁 2 号线苏虹路和闵行高架线交叉口附近为测试场地。根据实测数据分析了轨道交通引起环境振动的衰减特性。

1 振动测试

1.1 测试地点

综合考虑地铁运营时间及各测试场地的实际情况, 上海地铁 2 号线和上海地铁 13 号线的测点布置如下:

上海地铁 2 号线。测试地点定在苏虹路和闵行高架线交叉处附近, 在距离地铁中心线处设置了监测点共 11 个, 如图 1 所示。苏虹路和闵行高架线到最近测点的距离大于 200m, 地面交通振动对测试的干扰较小。

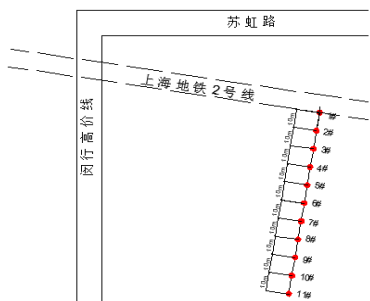


图 1 上海地铁 2 号线测试点位图

1.2 测试设备

拾振器。本文现场测试使用的是低频高解析度加速度传感器 (PCB-393B05),

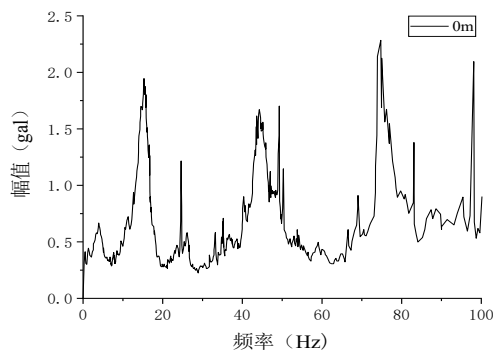
采集与分析系统。本文现场实测使用课题组自行研发的便携式微振动量测系统, 本文选取地面环境振动有效数据并使用 BDSA 软件对数据进行处理分析, 分析内容包括频谱分析及 1/3 倍频程分析^[4]。以 200Hz 采样频率测取各测试点位的 Z 向、EW 向和 NS 向地铁振源激励下的振动信号, 部分测试区域地面主要覆盖泥土, 故在测量时用铁锥打入土体中, 再将拾振器放在铁锥顶部平台上, 在顶部平台调节至水平后放置拾振器。测试时间选择在夜间 22:00 以后, 测试人员严禁随意走动。

1.3 测试结果分析

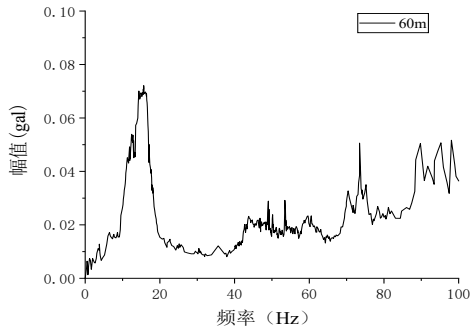
1.3.1 上海地铁 2 号线

1.3.1.1 Z 向频谱曲线分析

取距离地铁最近处的测点 (0m) 和加速度峰值衰减开始的平缓的测点 (60m) 的频谱曲线进行比较, 用于研究地铁振动频率成分的改变情况^[5]。



(a) Z 向振动频谱曲线

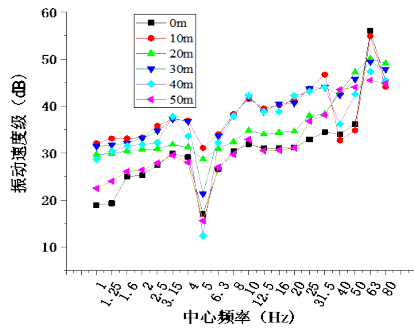


(b) Z向振动频谱曲线

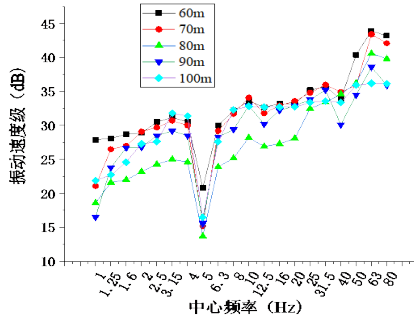
图2 不同测点Z向的环境振动频谱曲线

由图2可知,该测试场地的自振频率在4Hz左右;最优频率在72Hz左右,测点60m处Z向振动分布在10~20Hz和90~100Hz,最优频率在16Hz左右,可以看出,随着到地铁中心线距离的增加,Z向最优频率有所减小,对应的幅值有所减小。

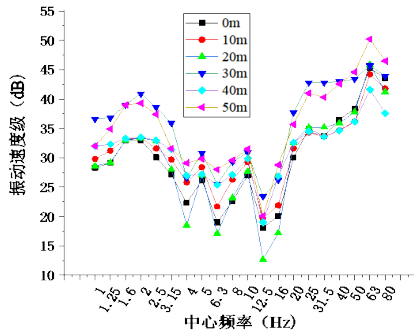
1.3.1.2 1/3倍频程分析



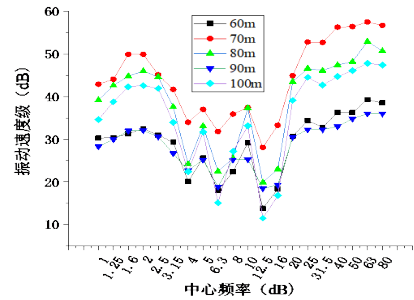
(a) Z向1/3倍频程曲线



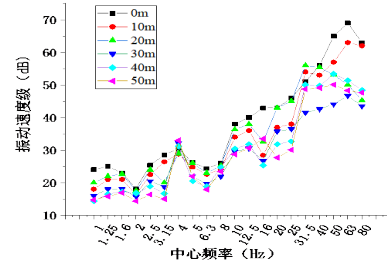
(b) Z向1/3倍频程曲线



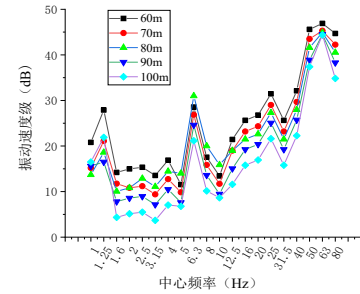
(c) EW向1/3倍频程曲线



(d) EW向1/3倍频程曲线



(e) NS向1/3倍频程曲线



(f) NS向1/3倍频程曲线

图3 各测点1/3倍频程曲线

由图3(a)~(f)可知,该测试地点地铁运行诱发地面振动的Z向、EW向、NS向振动能量均集中在16~80Hz中心频率范围内。

Z向振动速度级在1~4Hz和10~31.5Hz中心频率范围内随频率的增加变化较为平稳;在4~5Hz和31.5~40Hz中心频率范围内振动速度级随着频率的增加而波动减小且在4~5Hz中心频率范围内衰退速率更显著;在5~8Hz和40~80Hz中心频率范围内振动速度级随着频率的增加而波动增加,且在5~8Hz中心频率范围内尤为迅速。

EW向振动速度级在1~2Hz和12.5~80Hz中心频率范围内随着频率的增加而波动增加,且12.5~25Hz增加速率最快;在2~12.5Hz中心频率范围内随着频率的增加呈“锯齿”型减小,在10~12.5Hz中心频率范围内随着频率的增加减小的最为剧烈。

NS向振动速度级在1~80Hz中心频率范围内整体呈现随频率增加而上升趋势,但在不同频率范围增加的趋势不尽相同,在1~4Hz中心频率范围内随着频率的增加而显著增加,在4~25Hz中心频率范围内随着频率的增加而平稳缓慢增加、25~80Hz中心频率范围内随

新建市政道路施工对地铁隧道结构的安全影响分析

李新伟¹, 赵占群²

(1. 中铁隧道股份有限公司, 河南郑州 450000; 2. 中铁西南科学研究院有限公司, 四川成都 611731)

摘要: 近年来国家大力发展基础设施建设, 越来越多的地铁结构出现在城市地下空间, 临近地铁的工程项目施工可能会引起地铁结构较大变形, 甚至造成重大事故。本文以厦门市某新建市政道路圆二路施工项目为例, 采用 Midas GTS NX 建立了圆二路与厦门地铁 2 号线金融中心站~高林站区间相对关系的三维模型, 分析新建道路路基处理、管沟开挖、道路回填、碾压等作业对地铁隧道结构的影响, 得出道路施工对地铁隧道结构的安全影响评价, 并提出保护性改进建议。

关键词: 新建市政道路施工; 地铁隧道结构; 数值模拟; 安全影响分析

中图分类号: U455.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01-0144-03

地铁线路周边施工环境复杂, 建筑物、构筑物密集, 自然地质环境多变, 人们对工程环境问题的研究, 大多出于经验总结阶段, 而基础理论数字化、模型化的成果不多^[1]。比如道路放坡开挖对其邻近结构的影响, 有时采用经验法确定, 但结果常常难以满足使用要求。特别是在既有地铁结构附近修建其他工程项目时, 如果不能正确评估周边工程对既有地铁结构带来的潜在危险, 则经济损失及社会影响难以估计。因此, 正确评估周边工程对地铁结构的安全性意义重大。

本次评估的对象主要是地面道路施工对厦门地铁 2 号线金高区间盾构隧道结构的变形及地面的沉降隆起分

析, 重要性非同一般, 关乎地铁结构安全及正常运营。

1 工程概况

拟建市政道路圆二路(金二路至金钟路段)位于厦门市湖里区泥金社区、东宅片区及五通小区, 原始地貌单元属坡洪积准平原, 现状大部分为绿地, 地坪高程为 6.42 ~ 9.62m。金二路至金钟路段基本与下覆地铁线路(厦门地铁 2 号线金融中心站~高林区间)平行敷设, 金高区间隧道拱顶覆土 9~15m, 线间距 12.5m~17m, 隧道洞身主要穿越粉质黏土、砂土及残积砂质黏性土、全

着频率的增加而升降走势较为反复。

2 结果与讨论

本文通过对上海地铁 2 号线进行了大量的现场实测并分析采集的数据, 得出了如下结论:

(1) 地铁运行诱发环境振动的振动响应 Z 向大于水平向; 无论是竖直向(Z 向)还是水平向(EW 向和 NS 向), 均随着距离地铁中心线距离越来越远, 振动响应越来越小; 地铁运行引起地面振动加速度在近处衰减幅度大且衰减速率快, 在远处衰减幅度小且衰减速率慢; 地铁运行引起地面振动在距离地铁中心线 30m 左右处存在振动放大区; 地铁运行引起地面振动的振动能量集中在 20 ~ 80Hz 中心频率范围内; 随着测点到地铁中心线距离的推远, 振动速度级幅值对应的中心频率范围有所缩小。地铁列车的振动影响范围约为距离轨道中心线 500m。

(2) 地铁埋深越大引起的地面 Z 向振动响应越小且衰退得越快, 地铁埋深相差在 5m 以内时对水平方向的振动响应无明显影响。地铁运行时地面的振动速度级

与到地铁中心线距离之间基本呈现对数关系。

参考文献:

- [1] 邱腾蛟. 工业厂房结构微振控制技术[D]. 长安大学, 2014.
- [2] Hunt H. Modelling of Rail Vehicles and Track for Calculation of Ground-vibration Transmission Into Buildings[J]. Journal of Sound & Vibration, 1996, 193(1): 185.
- [3] Lombaert G, Degrande G. Experimental Validation of a Numerical Prediction Model for Free Field Traffic Induced Vibrations By in Situ Experiments[J]. 2001, 21(6): 485-497.
- [4] 环境保护部发布, 环境保护部. 中华人民共和国国家环境保护标准环境影响评价技术导则 生态影响: 环境影响评价技术导则 生态影响[M]. 中华人民共和国国家环境保护标准环境影响评价技术导则 生态影响: 环境影响评价技术导则 生态影响, 2011.
- [5] 栗润德, 张鸿儒, 刘维宁. 北京地铁 1 号线地面振动响应测试与分析[J]. 北京交通大学学报, 2007, 134(4): 31-34.