

# 步行激励下人行天桥结构振动响应实验研究

佟佳垚 李建强 许金晖 卢祖鹏 林武军 余仁华  
辽宁科技大学 土木工程学院

**摘要:** 为了研究步行激励下人行天桥结构的振动响应以及行人舒适度情况,进行了步行激励下,人行天桥结构的振动实验,在多种工况下得到了人行天桥不同的振动频率以及振幅,根据数据反应的频率、振幅对人行天桥的安全性和舒适度进行分析研究,确定当特殊环境下或者行人较多时,行人在天桥行走的舒适度会降低。

**关键词:** 人行天桥; 频率; 舒适度

## 引言

随着时代的发展和科技的进步,路上交通越来越迅速,这也致使行人行走安全问题受到了极大的影响,因此,人行天桥的出现极大解决了这个问题,它使行人与车辆分离,双方互不阻碍。但是,人行天桥也存在一些问题,当行人过多或者风速过大情况下,人在天桥会明显感受到振动、摇晃。因此,在行人激励以及环境因素下导致的天桥振动问题成了重要的研究内容。如何更好的减缓天桥振动,提高行人的安全性与舒适性成了当前亟待解决的重要问题。因此我们主要的研究内容就是测量桥上不同状况下桥身的振动情况,由此分析致使振动的主要因素以及解决办法。

## 一、基本思路

以辽宁科技大学人行天桥为研究对象,对行人单独行走,跳跃激励,环境激励,以及随机荷载等不同工况下的结构的振动频率的测定,通过桥上6个不同测点得出的结果,得出在不同工况下不同竖向荷载作用下该天桥的振动频率谱。一号测点是天桥南侧的1/4跨度处竖向,2号是天桥南侧的1/4跨度处横向,3号测点是跨中处竖向,4号测点是跨中处横向,5号天桥北侧的1/4跨度处竖向,6号是天桥南侧的1/4跨度处横向,测点的位置对于实验结果也会产生很大的影响,因此要严格控制6个测点的位置,以求得实验的准确性。

## 二、实验过程

实验过程中,由于实验时间在下午,正是学生下课时间,因此对于非实验人员的疏散是本次实验的难点,为了保证实验的准确性,我们得到了校保卫人员的帮助,封闭了天桥前的校门,之后根据实验需求,现场组织学校学生协助实验进行,分批组成5人工况、10人工况、20人工况、30人工况、50人工况等随机工况,分别测得不同工况下天桥的振动频率。过程中,实验人员需听从口令,排成一排齐步前进,以满足不同人数工况所需求的实验加荷需求量。另外,也需要实验人员散乱前进,以模拟不定人数下随机加荷对天桥振动的影响。为了测得跳跃对于天桥振动有何影响,同时需要实验人员进行垂直跳跃以及跳跃前进等动作。为了保证实验的完整性,本次实验中,我们考虑了环境因素对于天桥振动的影响,在一个大风天气中,我们测定了风荷载致天桥振动所产生的振动频率,由此判断环境因素对于天桥产生的影响。

## 三、分析与结论

1. 经计算机处理数据后,绘出天桥跨中3号测点频率图,第一次实验的实验工况以天桥跨中3号测点在单人行走时所产生的竖向荷载进行,通过对下图进行分析,可以得知:在幅值最大发生点处,频率为2.04838Hz,如图1所示。

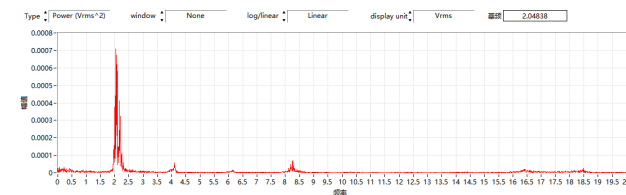


图1 3号测点频率

2. 经计算机处理数据后,绘出天桥跨中3号测点频率图,第一次实验的实验工况以天桥跨中3号测点在外加拟环境激励时所产生竖向荷载进行,通过对下图进行分析,可以得知:在幅值最大发生点处,频率为2.19104Hz,如图2所示。

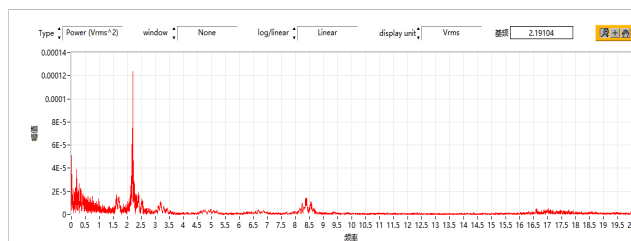


图2 3号测点频率

3. 经计算机处理数据后,绘出天桥跨中3号测点加速度-时间图,第一次实验的实验工况以天桥跨中3号测点在10人以下不定人数的人员经过天桥时所产生竖向荷载进行,通过对下图进行分析,可以得知:在幅值最大发生点处,加速度最大值0.0188g,加速度最小值-0.0152g,如图1所示。

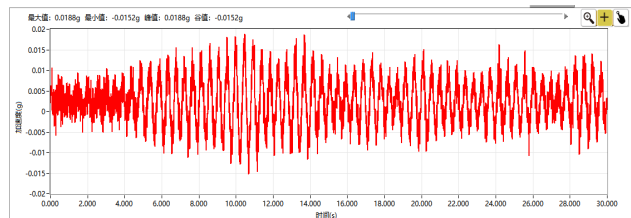


图3 10人以下3号测点加速度-时间关系图

4. 经计算机处理数据后,绘出天桥跨中3号测点加速度-时间图,第一次实验的实验工况以天桥跨中3号测点在10人到20人之间不定人数的人员经过天桥时所产生竖向荷载进行,通过对下图进行分析,可以得知:在幅值最大发生点处,加速度最大值0.0268g,加速度最小值-0.0296g,如图4所示。

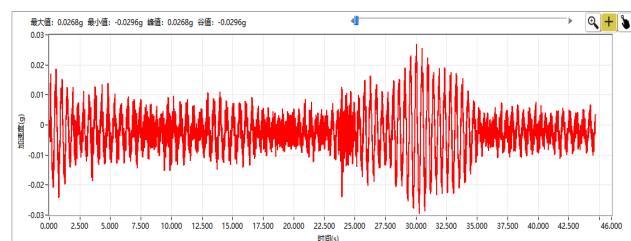


图4 10人到20人之间3号测点加速度-时间关系图

5. 经计算机处理数据后, 绘出天桥跨中3号测点加速度-时间图, 第一次实验的实验工况以天桥跨中3号测点在20人到30人之间不定人数的人员经过天桥时所产生的竖向荷载进行, 通过对下图进行分析, 可以得知: 在幅值最大发生点处, 加速度最大值0.0345g, 加速度最小值-0.0138g, 如图5所示。

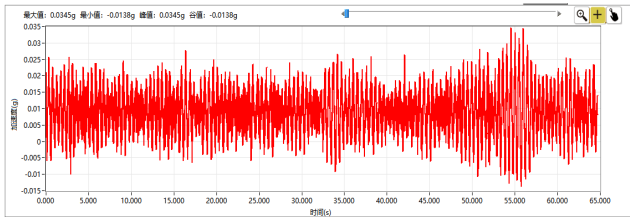


图5 20人到30人之间3号测点加速度-时间关系图

6. 经计算机处理数据后, 绘出天桥跨中3号测点加速度-时间图, 第一次实验的实验工况以天桥跨中3号测点在30人到40人之间不定人数的人员经过天桥时所产生的竖向荷载进行, 通过对下图进行分析, 可以得知: 在幅值最大发生点处, 加速度最大值0.0482, 加速度最小值-0.0419g, 如图6所示。

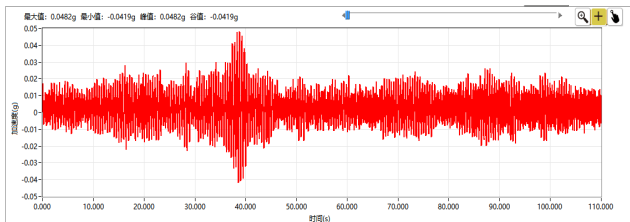


图6 30人到40人之间3号测点加速度-时间关系图

7. 经计算机处理数据后, 绘出天桥跨中3号测点加速度-时间图, 第一次实验的实验工况以天桥跨中3号测点在40人到50人之间不定人数的人员经过天桥时所产生的竖向荷载进行, 通过对下图进行分析, 可以得知: 在幅值最大发生点处, 加速度最大值0.0556g, 加速度最小值-0.0321g, 如图7所示。

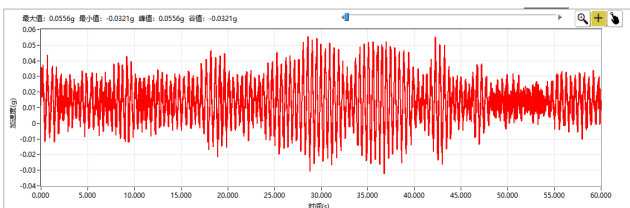


图7 40人到50人之间3号测点加速度-时间关系图

8. 经计算机处理数据后, 绘出天桥跨中3号测点加速度-时间图, 第一次实验的实验工况以天桥跨中3号测点在50人到100人之间不定人数的人员经过天桥时所产生的竖向荷载进行, 通过对下图进行分析, 可以得知: 在幅值最大发生点处, 加速度最大值0.0670g, 加速度最小值-0.0610g, 如图8所示。

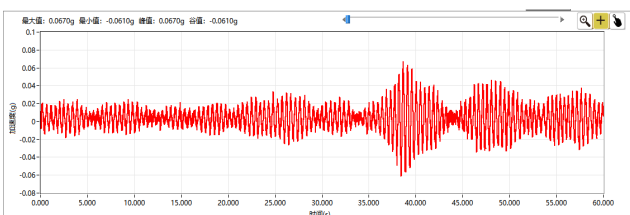


图8 50人到100人之间3号测点加速度-时间关系图

9. 经计算机处理数据后, 绘出天桥跨中3号测点加速度-时间图, 第一次实验的实验工况以天桥跨中3号测点在人群高峰期不定人数的人员经过天桥时所产生的竖向荷载进行, 通过对下图进行分析, 可以得知: 在幅值最大发生点处, 加速度最大值0.0774g, 加速度最小值-0.0680g, 如图9所示。

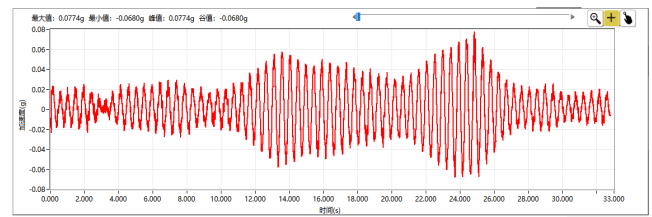


图9 人群高峰期3号测点加速度-时间关系图

10. 经计算机处理数据后, 绘出天桥跨中3号测点频率图, 第一次实验的实验工况以天桥跨中3号测点在跳跃激励时产生的竖向荷载进行, 通过对下图进行分析, 可以得知: 在幅值最大发生点处, 频率为2.17365Hz, 如图10所示。

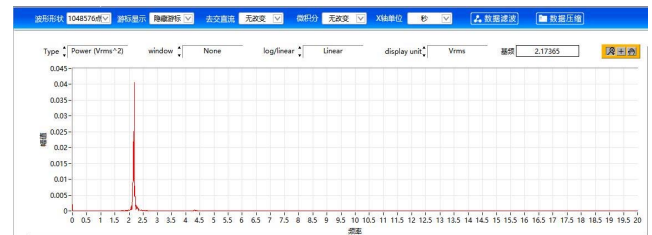


图10 3号测点频率

总结

经过对比数据以及各测点在不同激励下的频率、振幅、加速度的反映, 以及随机调查行人在特殊工况下的行走感受得知, 当行走在人行天桥时, 外界环境处于大风或者行人较多时, 会降低人行天桥的舒适感。

参考文献

[1]法永生,李东,孙翠华.人行天桥随机人行荷载下的振动分析及其舒适度评价的新方法[J].振动与冲击, 2008, 27(1): 119-123.

[2]王立彬,苏骥,刘康安,贺星新,陈广生.TMD对人行天桥的振动控制研究[J].公路工程, 2013, 38(04):242-245.

[3]陈阶亮,袁新谷.人行桥振动舒适性评价方法及标准研究现状[J].《桥梁建设》.2010.

[4]Shun-ichi Nakamura, Toshitsugu Kawasaki, Hiroshi Katsura. Experimental studies on lateral forces induced by pedestrians. 《Journal of Constructional Steel Research》- 2008- 3XSE: 44

[5]袁旭斌,孙利民.人行天桥致振动使用性能评价方法.《市政技术》.2009.

基金项目: 辽宁科技大学第八期大学生创新创业项目 (201810146346)

作者简介: 佟佳垚,辽宁省鞍山市辽宁科技大学,学生。

通讯作者: 李建强,辽宁科技大学土木工程学院,教师。