

文章编号:1005-0523(2015)01-0059-06

地下连续墙挖槽施工诱发建筑物振动的实测与分析

胡蒙达¹,刘庆杰²,雷晓燕²,张 炜¹

(1.南昌市轨道交通集团有限公司,江西 南昌 330038;

2.华东交通大学铁路环境振动与噪声教育部工程研究中心,江西 南昌 330013)

摘要:挖槽施工时间占地下连续墙施工时间的一半左右,施工时间长,产生振动大,需要对其诱发的建筑物振动进行评估。以南昌地铁一号线子八区间施工为工程背景,对工地附近的一座商场在挖槽施工过程中的振动响应进行了现场测试,分析了振动在建筑物内的传播和衰减规律。分析结果表明,成槽机产生的振动较小,可以满足要求;冲击钻施工时会产生较大振动,在10~20 Hz的范围内可能会超过标准,不宜在夜间施工。

关键词:环境振动;地铁;地下连续墙;z振级

中图分类号:U211.3

文献标志码:A

地铁可以有效缓解城市交通拥堵问题,但其引发的环境振动会影响到人们工作生活,甚至会威胁到建筑物的安全。地铁诱发的环境振动可以从施工期和运营期两个方面进行研究。对于地铁运营期间列车诱发所产生的环境振动,雷晓燕教授^[1-4]利用有限元法对高层建筑在列车通过时的振动相应进行了分析,并与实测结果进行了对比。刘维宁教授、夏禾^[5-6]教授建立了数值仿真模型模拟了地铁列车引起的地面振动,并对地面振动放大区和地层相应主要频带进行了分析。谢伟平教授^[7]对不同建筑物类型的振动衰减规律进行了分析;在施工振动方面柴元四、贾敏才等专家学者^[8-11]则对一般建筑物施工过程中所产生的环境振动传播规律与影响进行了相关评价,但是针对地铁施工过程中所产生的环境振动问题的研究还存在不足。

基于南昌地铁1号线的施工过程为研究背景,本文对地铁施工过程中对建筑物的振动影响进行了实测分析与研究。

地铁工程的地下连续墙主要用于沉降控制要求高、建筑物密集的地段,它具有结构刚性大,适应各种地质条件,施工深度快,机械化程度高等优点^[12]。在其施工过程中施工机械会产生较大的振动,影响周边居民的生活,甚至对建筑物的安全造成威胁。本报告针对南昌地铁一号线地下连续墙施工采用的两种施工工艺(冲击钻、成槽机)进行现场实测,分析了施工过程中地面和建筑物振动的特性和传播衰减规律,从建筑物安全和居民生活工作两个角度对两种施工工艺产生的振动进行了评价,结果可作为振动敏感地段施工机械选择的参考依据。

1 概述

1.1 测试内容

测试以万寿宫商场为对象,测试了商场各楼层的振动响应。万寿宫商场位于子八区间,临近“八一南昌起义纪念馆”,建筑物外墙距地下连续墙仅1.5 m,为5层钢筋混凝土框架结构。如图1所示。地下连续墙

收稿日期:2014-10-02

基金项目:国家自然科学基金(51368021);南昌市轨道交通集团有限公司(2013001)

作者简介:胡蒙达(1963—),男,博士,高级工程师,研究方向为城市轨道交通工程。

通讯作者:雷晓燕(1957—),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为铁路环境振动与噪声。

施工过程中,该区域施工以成槽机施工为主,冲击钻作为辅助施工手段,因此,可以在该建筑物内测试两种施工机械对建筑物的振动影响。



图1 测点位置

Fig.1 Position of test point

1.2 测试仪器

采集仪采用德国Head公司DATaRec 4 DIC24数据采集仪,采用ArtemiS数据采集分析软件进行数据采集与分析,传感器采用中国地震局工程力学研究所941B型振动传感器。

1.3 施工机械

南昌地铁1号线子固路站至八一馆站区间地下连续墙成槽施工主要采用两种机械:冲击钻和抓斗成槽机,施工机械的参数如下:

冲击钻:6 m标准槽段(深度约22 m),平均冲一幅槽需7天,冲击次数约每分钟5次左右,提升高度2~3 m,锤重2.8 t(锤头直径800 mm)~3.6 t(锤头直径1 000 mm),见图2。

金泰SG60液压抓斗成槽机:6 m标准槽段(深度约20 m),平均抓一幅槽需48 h。(地质由地面往地下12 m为沙砾层、圆砾层;12 m以下为泥质粉砂岩^[3]),见图3。



图2 冲击钻

Fig.2 Impact drill



图3 液压抓斗成槽机

Fig.3 Trench machine

2 建筑物振动特性分析

地铁施工振动主要会产生两方面的危害,一方面振动会影响周边的建筑的安全,另一方面,也会干扰周边居民的生活。对于古建筑或文物保护单位,我国以振动速度峰值作为评价指标,根据建筑的价值和结构由不同的容许限值,对于环境振动评价则以振动加速度作为评价指标,按照建筑物所在的区域和重要程度对建筑物进行分类,不同建筑有不同的评价标准。由于人体对不同频率的感受不同,评价时往往需要对

振动加速度进行修正。图4为我国环境振动评价的相关标准和适用范围。

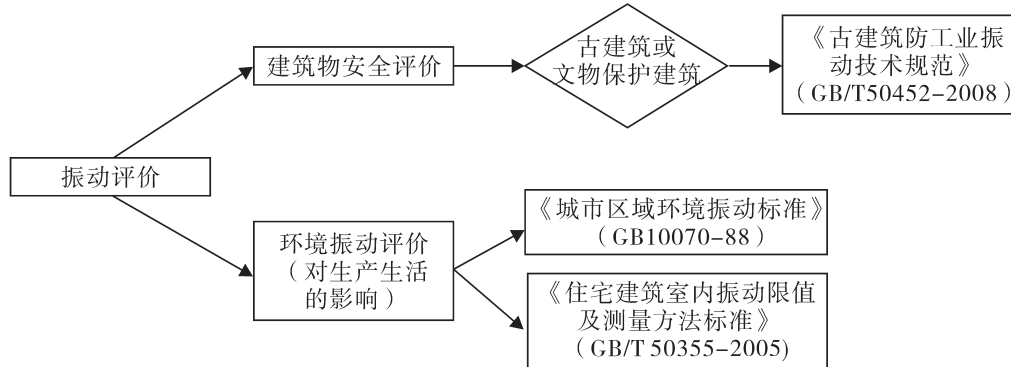


图4 中国振动评价体系

Fig.4 Assessment system in China

振动的测点布置在每层楼板的中央,测试楼板三个方向的振动速度,测试时间为5 min。由于地铁施工的影响,商场内客流很小,对测试结果影响很小。图5,图6分别为成槽机和冲击钻施工时,一楼楼板振动时程曲线,从图中可以看到,成槽机施工振动具有一定的不规则性,这主要是因为成槽机施工产生的振动由多种成分构成,既有机械设备和动力设备产生的振动,又有来自于挖斗与土相互作用产生的振动,而这些振动都不具有周期性。而冲击钻施工具有明显的周期性,约7.5 s产生一次冲击(与槽深有关)。

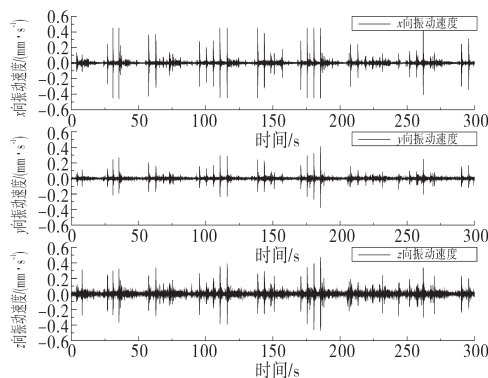


图5 成槽机施工1楼地面振动速度时程曲线

Fig.5 Vibration time-history curve of floor 1 during trench machine construction

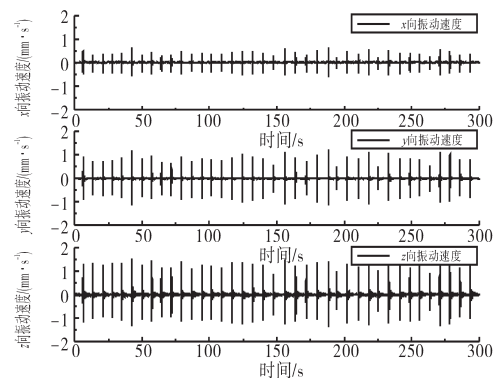
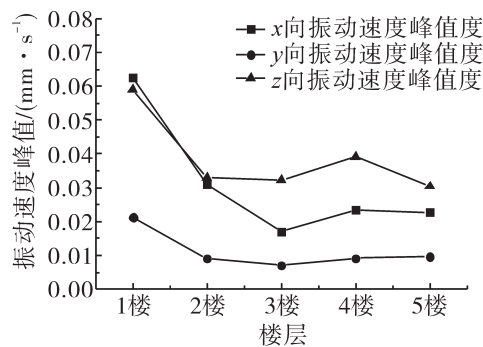


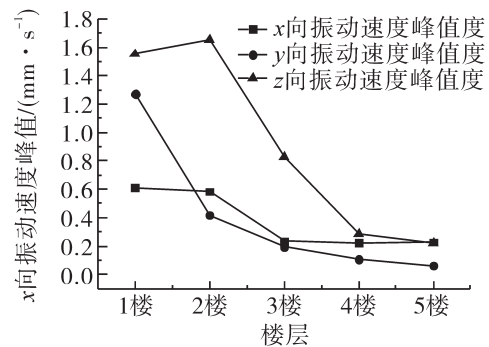
图6 冲击钻施工1楼地面振动速度时程曲线

Fig.6 Vibration time-history curve of floor 1 during impact drill construction

图7为冲击钻和成槽机施工过程中,各楼层的振动速度峰值。



(a) 成槽机施工各楼层振动速度峰值



(b) 冲击钻施工各楼层振动速度峰值

图7 各楼层振动速度峰值

Fig.7 Peak velocity of each floor

从图7可以看出:成槽机施工引起建筑物振动以竖向振动为主, y 方向振动较小。3个方向的振动能量由第1层到第2层有比较大的衰减,第2层到第5层变化较小;冲击钻引起的建筑物振动远大于成槽机,冲击钻引起建筑物振动也以竖向为主,随着楼层的增加,冲击钻诱发的建筑物振动有比较大的衰减。由于施工振动以冲击振动为主,短时的振动波无法激励建筑物的模态,因此振动响应随楼层呈现总体衰减的趋势。施工中冲击力具有一定随机性,造成了二层的 y 向、 z 向振动程的上升趋势。

表1 施工建筑物各层最大振动速度

Tab.1 Peak velocity of each floor during construction

测点位置	冲击钻施工各楼层振动速度最大值/(mm·s ⁻¹)			成槽机施工各楼层振动速度最大值/(mm·s ⁻¹)		
	x 向	y 向	z 向	x 向	y 向	z 向
1楼	0.610 6	1.274	1.553	0.062 5	0.021 24	0.059
2楼	0.585 1	0.417 9	1.654	0.031	0.009 091	0.033 01
3楼	0.235 1	0.193 6	0.829 8	0.017	0.007 057	0.032 31
4楼	0.222	0.105 2	0.285 9	0.023 49	0.009 182	0.039 13
5楼	0.228	0.062 58	0.220 1	0.022 73	0.009 565	0.030 45

从表1可知,以速度为评级指标,成槽机引发建筑物振动均没有超过标准,而冲击钻在第1层的3个方向均超出了标准,1~3层的 z 方向也超过了振动标准^[3]。

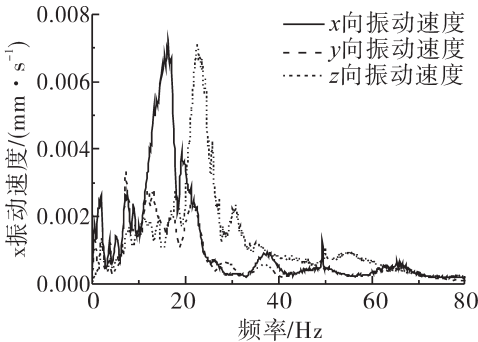


图8 成槽机施工1楼地面振动频域特性

Fig.8 Frequency characteristics of the first floor vibration during trench machine construction

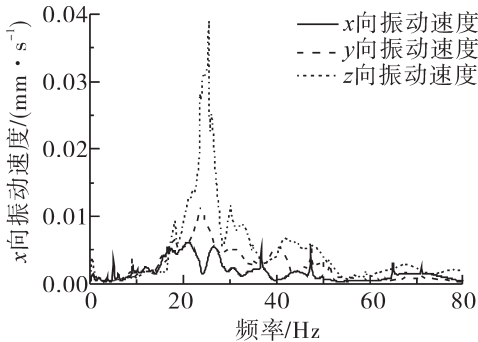


图9 冲击钻施工1楼地面振动速度频域分析

Fig.9 Frequency characteristics of the first floor vibration during impact drill construction

从频谱图可知:成槽机引起建筑物振动主频集中在20 Hz左右, x 、 z 振动能量较为接近, y 方向最小;冲击钻引起建筑物振动主频也集中在20 Hz左右,其中 z 向的振动能量远大于其他两个方向。两种施工机械诱发建筑物振动均以低频为主,而建筑物本身对于低频又较为敏感^[2-3],这对于周边建筑物是不利的,尤其是冲击钻引起的振动较大。

3 环境振动的评价

对于环境振动的评价环境保护部和住建部分别发布了相应的评价标准,即GB10070-88《城市区域环境振动标准》和GB/T 50355-2005《住宅建筑室内振动限值及其测量方法》。其中《城市区域环境振动标准》主要针对城市区域环境,评价指标为 z 振级;《住宅建筑室内振动限值及其测量方法》针对的是住宅建筑(含商住楼)室内振动评价,评价指标为1/3各倍频程振动加速度级 L_a 。对于被测建筑, z 振级相应的标准值为昼间75 dB,夜间72 dB。 L_a 如表2所示。

表2 各倍频程 L_a 限值
Tab.2 Criteria of L_a in different octave

适用范围			1/3 倍频程中心频率/Hz									
			1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8
L_a 限值 /dB	1级限值	昼间	76	75	74	73	72	71	70	70	70	70
		夜间	73	72	71	70	69	68	67	67	67	67
	2级限值	昼间	81	80	79	78	77	76	75	75	75	75
		夜间	78	77	76	75	74	73	72	72	72	72
适用范围			1/3 倍频程中心频率/Hz									
			10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
L_a 限值 /dB	1级限值	昼间	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90
		夜间	69	71	73	75	77	79	81	83	85	87
	2级限值	昼间	77	79	81	83	85	87	89	91	93	95
		夜间	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92

首先用指标 z 振级对各测点进行评价,对垂向振动速度一次微分得到各测点的振动加速度,利用 matlab编写程序计算得到各测点的 z 振级,如表3所示。

从表3可知成槽机施工引起的建筑物振动较小,均没有超过标准,随着楼层的增加,成槽机引起的振动总体上呈现衰减趋势,从第1层到第2层减小了6.4 dB,在第4层出现了拐点。冲击钻施工引起的建筑物振动较大,在1~2层超过了昼间振动的标准,3层超过了夜间振动的标准,在第3层到第5层衰减较大,达到了10.5 dB。

表3 各层楼面 z 振级
Tab.3 z vibration level of each floor

楼层	冲击钻引起振动/dB	成槽机引起振动/dB
1	76.4	68.5
2	78.2	62.1
3	72.9	60.5
4	62.4	62.4
5	60.3	58.8

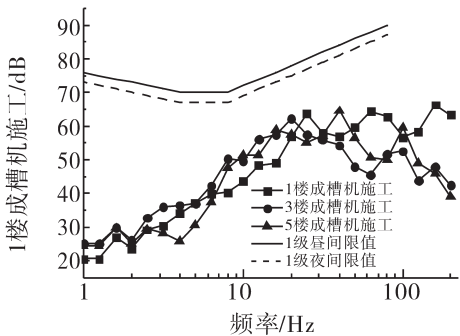


图10 成槽机施工振动与标准值对比
Fig.10 Comparison between vibration induced by trench machine and the criterion

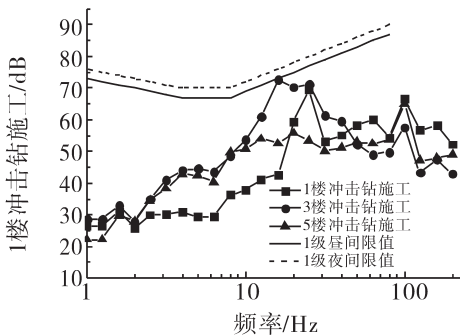


图11 冲击钻施工与标准值对比
Fig.11 Comparison between vibration induced by impact drill and the criterion

图10,图11分别为成槽机、冲击钻施工振动与GB/T 50355-2005《住宅建筑室内振动限值及其测量方法标准》规定的对比。从图中可以发现,标准值的对比成槽机施工引起的建筑物振动较小,均没有超过标准,不同楼层的振动能量较为接近,并没有明显的振动规律。

冲击钻施工引起的建筑物振动较大,3楼的振动已经超过了夜间限值,5楼振动较小。地铁车站施工时,冲击钻施工不宜在夜间进行。

4 结论

- 1) 冲击钻施工时有一定的周期性,而成槽机由于本身的特性,周期不明显。
- 2) 以速度为评价指标,冲击钻引起的建筑物振动远大于成槽机,且均没有超过标准;以 z 振级为评级指标,总体上仍以冲击钻施工振动较大,建筑物3层以下受冲击钻影响较大,且冲击钻引发的振动已经超过夜间标准。
- 3) 两种机械施工引发振动均以低频为主,建筑物对低频振动较为敏感,故对建筑物有一定的影响。

参考文献:

- [1] 雷晓燕,王全金,圣小珍.城市轨道交通环境振动与振动噪声研究[J].铁道学报,2003,25(5):109-112.
- [2] 雷晓燕,刘庆杰,朱成九,等.高架轨道诱发环境振动预测与评价研究[J].噪声与振动控制,2008(6):108-112.
- [3] 冯牧,雷晓燕.列车引发建筑物振动试验及数值隔振研究[J].噪声与振动控制,2009(5):80-86.
- [4] 冯青松,雷晓燕,练松良.解析法分析铁路环境振动的列车随机激振荷载[J].华东交通大学学报,2013,30(5):1-7.
- [5] 栗润德,张鸿儒,刘维宁.地铁引起的地面振动及其对精密仪器的影响[J].岩石力学与工程学报,2008,27(1):206-214.
- [6] 刘维宁,夏禾,郭文军.地铁列车振动的环境响应[J].岩石力学与工程学报,1996,15(S):586-593.
- [7] 谢伟平,常亮,谷倩.轨道交通引起的周边建筑物振动研究[J].中山大学学报,2009,48(1):103-109.
- [8] 贾敏才等.地基处理施工振动机器对环境的影响评述[J].地下空间,2004,24(4):500-505.
- [9] 柴元四.冲击式钻机施工振动规律测试与研究[J].山西建筑,2012,3:72-74.
- [10] 张淳.施工振动的ABAQUS模拟及其环境影响[J].辽宁工程技术大学:自然科学版,2012(2):65-68.
- [11] 许锡昌,等.桩基础施工振动对环境影响的研究与对策[J].岩土力学,2003(12):957-960.
- [12] 冯青松,雷晓燕,伍明辉.地铁运行列车引起建筑物低频振动的数值分析[J].铁道科学与工程学报,2007,4(5):68-72.
- [13] 洪俊青,刘伟庆.地铁对周边建筑物振动影响分析[J].振动与冲击,2006,25(4):142-145.
- [14] 盛美萍,王敏庆,孙进才.噪声与振动控制技术基础[M].2版 北京:科学出版社,2007(12):56-57.
- [15] 国家环保局.GB10070-88.城市区域环境振动标准[S].北京:中国标准出版社,1988.

Measurement and Analysis of Building Vibration under the Excavated Construction of Diaphragm Wall

Hu Mengda¹, Liu Qingjie², Lei Xiaoyan², Zhang Wei¹

(1.Nanchang Rail Transit Group Corporation, Nanchang 330038, China; 2. Engineering Research Center of Railway Vibration and Noise of the Ministry of Education, East China Jiaotong university Nanchang 330013, China)

Abstract: Dredging construction time accounts for half of the diaphragm wall construction time with long construction period and significant vibration influence, so it is necessary to evaluate the surrounding buildings vibration accordingly. Based on the construction of Nanchang Metro Line 1 Ziba section, this study tested the vibration response of a shopping mall near the excavated site in the process of construction, analyzing the propagation and attenuation law of vibration within the building. The results indicated that vibration induced by trenching machine is lower than the criteria while the impact drilling generated high vibration which should be considered before construction.

Key words: environment vibration; metro; underground diaphragm wall; z vibration level

(责任编辑 王建华)