

城市楼房拆迁振动对既有建筑物的影响特性

王健^{1,2,3}, 袁方龙^{1,2,3}

(1. 中交天津港湾工程研究院有限公司; 2. 港口岩土工程技术交通运输行业重点实验室;
3. 天津市港口岩土工程技术重点实验室)

摘要: 城市现代化建设的推进加速了老旧楼房拆迁、改造的进程。为了保证周边建筑物的安全并指导拆迁合理施工,对既有建筑物受振动影响的特性进行研究。通过开展现场试验,研究了在有无隔振或减振措施下振速峰值沿地表及楼层高度的传播规律。结果表明:振速峰值沿振源中心向外呈逐渐衰减的趋势传播,试块从21 m高度落至硬化地表产生的振动最大,跌落至裸露地表的振动最小,但均超过振速控制最大值(0.3 cm/s),应采取减振或隔振措施;振速峰值和增幅与试块起落高度成正比,当起落高度为6 m时,距离振源最远的振速峰值大于振速控制最大值;在试验场地铺设砂垫层和设置隔振沟具有较好的减振效果,拆迁建筑物与受保护建筑物距离(11.9 m)最近时的最大振动峰值小于建筑物安全允许振速;当试块从21 m高度落下时,4层(9 m)及以上楼层的振速峰值均大于振速控制最大值,为了保证建筑物的安全,需进一步优化砂垫层厚度和隔振沟深度。

关键词: 城市楼房; 拆迁振动; 现场试验; 减振或隔振措施

0 引言

国家发展规划的实施以及现代化建设的需要推进了城市更新以及房屋改造的进程,大量的老旧住宅、违建以及危房已成为城市管理重点和难点。合理拆迁是保障城市良性发展、城市管理和维护公共利益的重要方法之一。为了保证房屋拆迁合理施工及周边建筑物的安全,拆迁振动对地基^[1-2]及周边环境的影响特性已成为各大国企和高校研究的热点。

近年来,不同结构类型的建筑物受振动^[3-8]影响的问题已引起工程界的广泛关注,黄博等^[9]通过理论分析结合现场振动检测结果,得出砖混结构房屋振动的主要原因,并为施工前的减振方案提供有效建议;袁方龙等^[10]依托实际工程,系统地研究了不同硬壳层厚度、不同强夯施工参数(夯锤半径、夯击数、夯击遍数)等条件下地基的振动规律,并根据振速峰值变化规律为保障周围建筑物的安全提供合理化建议;孙晓明^[11]参考地铁隧道引起的环境振动影响分析方法对公路隧道下穿住宅的振动影响规律进行了分析,为后续城市隧道发展提供数据支撑;周铁刚等^[12]通过典型砖混房屋振动台试验,研究了不同抗震设防烈度下的震害特点和动力特性,并采用数值软件研究了不同设计条件下模型的抗震反应,研究成果对于周边环境振动安全控制具有重要参考价值。

综上所述,房屋拆迁对周边环境的影响规律研究大多集中于室内试验和数值模拟研究,且拆迁区域土层特性和建筑物类型各异,开展现场试验研究对于指导拆迁施工,保障周边环境安全具有重要意义。本文以天津市某地铁工程为依托,通过在待拆迁区域实地开展现场试验,系统地研究了有无隔振或减振措施下,混凝土试块做自由落体产生的振动传播规律及对周边环境的影响,为类似工程房屋拆迁合理施工及保障周边建(构)筑物的安全提供有效参考和借鉴。

1 工程概况

本项目位于天津市河西区黑牛城道地铁站(建设中)附近,本次拆迁建筑有平江南里13号楼和14号楼、平江南里38号楼和39号楼、交通设施处综合楼,拆迁区域内存在硬化、铺砖和裸露地面。受保护居民楼为平江南里63号楼和70号楼,均位于黑牛城道站主体基坑南侧(图1)。

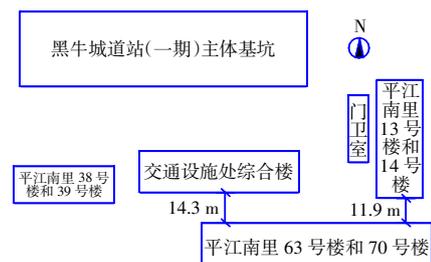


图1 居民楼平面位置示意图

平江南里 13 号楼和 14 号楼为 6 层砖混结构，南北走向，最大楼高 17.4 m；交通设施处管理处综合楼为 6 层砖混结构，东西走向，最大楼高 23.42 m；平江南里 38 号楼和 39 号楼为 3 层砖混结构，东西走向，最大楼高 9.5 m；平江南里 63 号楼和 70 号楼为 6 层砖混结构，最大楼高 17.4 m；与待拆迁建筑的最近距离为 11.9 m。

2 现场试验方案

2.1 监测仪器及布置要求

振动监测仪器采用 L20-N 型测振仪，数据采集包括三向振幅值和主振频率，振动速度值取 Z 向峰值进行分析。

为保证振动曲线特征更真实反映拆迁区域范围内地基的振动规律，监测仪器布置应满足：1) 传感器水平径向 X 指向震源，且水平放置；2) 为把传感器与待测实物接触的失真减到最小，传感器安装要做到牢固、接触面密实；3) 传感器布置选取土层分布具有代表性的场地，各楼层的监测点布置位置要统一。

2.2 研究内容

根据现场施工情况，重点研究拆迁过程中最不利情况，包括拆迁过程中建筑试块最大跌落重量、最大跌落高度、离受保护建筑物最近距离等，本次试验模拟 2 t 钢筋混凝土试块从各楼层高度自由落体。

具体研究内容包括：

1) 振动在不同地表的传播规律，分别选取场地硬化、铺砖和裸露的地面作为试验区，距离试块落点 5 m、10 m、15 m、20 m 布置振动传感器，研究试块自由跌落在不同地表时振速峰值传播规律。

2) 在研究内容 1) 的基础上选取受振动影响最大的地表类型，模拟试块从不同楼层高度跌落，振速峰值沿地表的传播规律。

3) 采取减振或隔振措施对振动传播的影响规律，在试验区分别采取铺设砂垫层和设置隔振沟的措施，探究振速峰值传播规律，并与无减振或隔振措施下振动峰值进行对比。

4) 根据各工况下，振速峰值传播曲线，拟合得出与受保护建筑物最近距离(11.9 m)时振速峰值，为安全拆迁施工提出有效建议。

5) 有减振或隔振措施，不同楼层受试块跌落振动传播规律，在待拆建筑(平江南里 13 号楼和

14 号楼)各楼层相同位置布设测振仪，对比分析采取减振或隔振措施后，振速峰值沿楼层高度的传播规律。

2.3 研究结果评判标准

经现场调研，平江南里建筑墙面存在微风化、破损等情况，且房产年限较为久远，结合 GB 6722—2014《爆破安全规程》，监测结果按一般古建筑与古迹进行评判^[13](表 1)。实测数据表明，试块跌落时主振频率范围为 $10 \text{ Hz} < f \leq 50 \text{ Hz}$ ， f 为主振频率。

表 1 振动安全允许标准

保护对象类别	安全允许振速/($\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$)		
	$f \leq 10 \text{ Hz}$	$10 \text{ Hz} < f \leq 50 \text{ Hz}$	$f > 50 \text{ Hz}$
一般古建筑与古迹	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.5

注：表中质点振动速度为三向分量最大值。

3 结果分析

3.1 不同地表受振动影响结果分析

图 2 为试块从 21 m 高度分别落至硬化地表、铺砖地表和裸露地表时振速峰值的传播规律。由图 2 可知，随着与振源位置距离的增加，振速峰值总体呈衰减的变化规律；试块落至硬化地表产生的振动最大，落至裸露地表产生的振动最小，因为相比于裸露地表，硬化和铺砖措施相当于在地表增加了不同厚度的硬壳层，增大了地表的整体性刚度，而裸露地表相当于“海绵层”，具有更好的减振效果，且能够使振动直接传至深层土体；距振源最远的振速峰值最小值均大于表 1 中的振速控制最大值(0.3 cm/s ， $10 \text{ Hz} < f \leq 50 \text{ Hz}$)，因此，为了保障周围建(构)筑物的安全，在安全距离范围内应采取相应的减振或隔振措施。

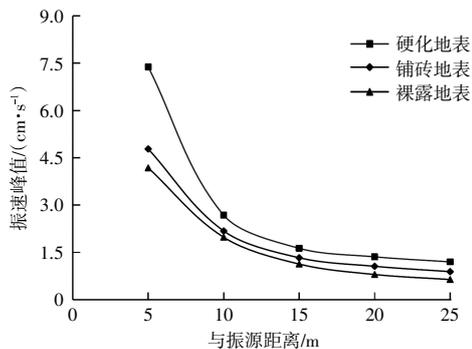


图 2 不同地表下振速峰值分布曲线

3.2 不同高度落体振动影响结果分析

根据 3.1 节对不同地表受振动影响研究结果可知,当试块落至硬化地面产生的振动最大,考虑为最不利情况,图 3 显示出了试块从不同楼层高度落至硬化地面产生的振动传播曲线。由图 3 可知,试块从不同高度落下时,振速峰值沿振源位置距离的增加均呈衰减的变化规律;起落高度越大,跌落产生的振动越大,振速峰值增幅越大;起落高度最小时,距振源最远的振速峰值大于振速控制最大值(0.3 cm/s),因此进一步验证了在安全距离范围内必须采取相应的减振或隔振措施。

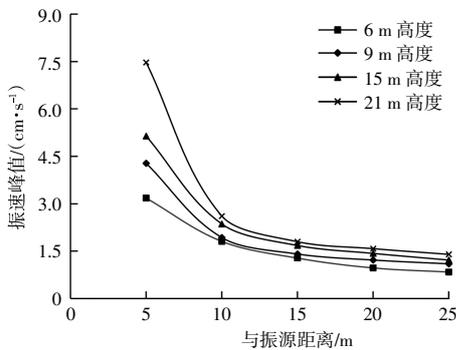


图 3 不同高度下落时振速峰值分布曲线

3.3 有无减振或隔振措施振动影响结果分析

图 4 分别显示出了在试验场地铺设 1 m 厚砂垫层和距离振源 7 m 位置开挖 10 m×0.8 m×1 m (长×宽×深)隔振沟,试块从 15 m 和 21 m 高度落至硬化地表时的振速峰值传播曲线,由图 4 可知,相比于无减振或隔振措施,铺设砂垫层和设置隔振沟具有较好的减振效果,在距离振源 15 m 时,地表几乎无振动。利用 3 次多项式对各工况下的振速曲线进行拟合,给出有减振或隔振措施下,拆迁建筑物与受保护建筑物最近距离(11.9 m)的振速峰值(表 2),由表 2 数据可知,当有减振或

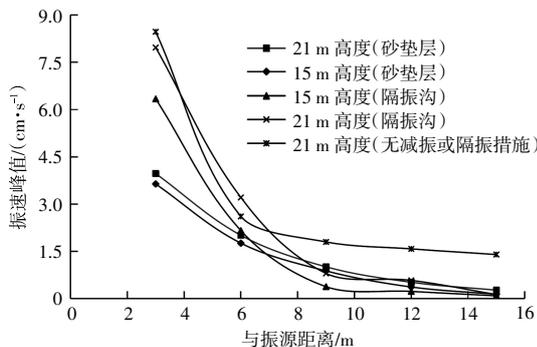


图 4 有无减振或隔振措施振速峰值变化曲线

隔振措施且距离振源 11.9 m 时,最大振速峰值为 0.295 cm/s,小于安全允许振速(0.3 cm/s),因此,铺设砂垫层或设置隔振沟能具有较好的减振效果,房屋正式拆迁时,应根据现场环境、拆迁工艺和成本选择合理的减振措施。

表 2 振动峰值拟合值

减振或隔振措施	下落高度/m	振速峰值/(cm·s ⁻¹)
砂垫层	15	0.177
	21	0.295
隔振沟	15	0.137
	21	0.256

3.4 有减振或隔振措施各楼层振动影响结果分析

图 5 分别给出了地表铺设砂垫层和设置隔振沟时,振速峰值沿楼层高度的分布曲线,由图可知,试块下落高度越大,各楼层的振动效应越明显,且振速峰值随着楼层高度的增加而变大,分析原因为楼体相当于柔性的悬臂结构,楼层底部受到振动时,振动沿楼层高度向上传播,振动效应扩大;当试块从 21 m 高度落下时,安装在 9 m (4 层)、12 m (5 层)和 15 m (6 层)的振动传感器采集到的振速峰值已大于表 1 中的振速控制最大值(0.3 cm/s),存在一定的安全隐患,因此,尽管地表铺设砂垫层和设置隔振沟具有较好的减振效果,但为了保证拆迁过程中建筑物的安全,需进一步对砂垫层的厚度和隔振沟的深度进行优化。

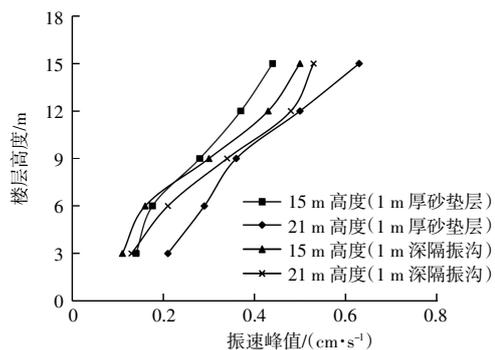


图 5 振速峰值沿楼层高度分布曲线

4 结语

通过分析在有减振或隔振措施下,不同地表及居民楼各楼层受试块跌落的振动影响规律,得出结论:

1) 随着距离振源位置的增加,振速峰值总体呈衰减的变化规律,受地表硬壳层整体性和刚度

的影响,试块从21 m高度落至硬化地表产生的振动最大,落至裸露地表产生的振动最小,但均超过振速控制最大值,为了保障周围建(构)筑物的安全,在安全距离范围内应采取相应的减振或隔振措施。

2) 给出了试块从不同高度落下时,振速峰值沿振源位置的增加均呈衰减的变化规律,且起落高度越大,跌落产生的振动越大,振速峰值增幅越大;当起落高度最小(6 m)时,距离振源最近的振速峰值大于振速控制最大值(0.3 cm/s),进一步验证了在安全距离范围内必须采取相应的减振或隔振措施。

3) 相比于无减振或隔振措施,在试验场地铺设砂垫层和探挖隔振沟具有较好的减振效果,在距离振源150 m时,地表几乎无振动。

4) 给出了有减振或隔振措施下,拆迁建筑物与受保护建筑物最近距离(11.9 m)的最大振动峰值为0.295 cm/s,小于建筑物安全允许振速(0.3 cm/s),可进一步根据现场环境、拆迁工艺和成本选择合理的减振措施。

5) 地表铺设砂垫层和设置隔振沟时,试块下落高度越大,各楼层的振动效应越明显,且振速峰值随着楼层高度的增加而变大;当试块从21 m高度落下时,4层(9 m)及以上楼层的振速峰值均大于振速控制最大值(0.3 cm/s),存在一定的安全隐患,因此,为了保证拆迁过程中建筑物的安全,

需要进一步对砂垫层厚度和隔振沟深度进行优化。

参考文献:

- [1] 龚晓南. 地基处理新技术[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1997.
- [2] 滕延京. 地基基础技术发展与应用[M]. 北京:知识产权出版社,2004.
- [3] 王晋宝,熊峰,刘校麟,等. 不同加载频率及循环应力比条件下舟山海相软黏土动力特性试验研究[J]. 地震工程学报,2023(2):260-269.
- [4] 赵密,贾智富,管子,等. 不同场地条件下地连墙对地铁车站结构地震动力响应的影响[J]. 地震工程学报,2023(2):270-278,295.
- [5] 郑颖人,李志学,冯遗兴,等. 软黏土地基的强夯机理及其工艺研究[J]. 岩石力学与工程学报,1998(5):571-579.
- [6] 杨健,刘阳,田浩,等. 某高层建筑消能减震设计及阻尼器优化[J]. 地震工程学报,2023(4):835-844.
- [7] 鹿子林,夏暖,张士鹏,等. 强夯振动对高铁桥墩造成的地震效应检测[J]. 防灾减灾学报,2017(4):81-86.
- [8] 孙鸿玲,胥彬,刘秋林. 长短周期地震波作用下钢框架结构的响应特性对比分析[J]. 地震工程学报,2022(4):768-776.
- [9] 黄博,夏唐代,赵晴,等. 老旧小区砖混结构房屋振动与减振[J]. 地震工程学报,2015(1):126-130.
- [10] 袁方龙,陈明,喻志发. 港口堆场硬壳层地基强夯振动规律[J]. 中国港湾建设,2021,41(4):32-36.
- [11] 孙晓明. 城市公路隧道下穿房屋引起的环境振动影响研究[J]. 噪声与振动控制,2022(3):187-191.
- [12] 周铁钢,王宇恒,赵世超. 村镇低层砖混商铺房屋振动台试验与有限元分析[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版),2017(6):796-803.
- [13] GB 6722—2021,爆破安全规程[S].