

现浇薄壁管桩成桩振动影响研究

周云东¹,巢捷²,刘汉龙¹,张鑫¹

(1.河海大学岩土工程研究所,江苏南京 210098;2.江苏新大都置业有限公司,江苏南京 210002)

摘要:介绍现浇薄壁管桩成桩振动的特点和评价方法,为合理评价现浇混凝土薄壁管桩技术的沉桩振动效应,结合一现浇薄壁管桩软基处理工程,进行成桩振动对周围环境影响的实测分析.分析结果表明,现有评价方法存在不足,指出今后应加强不同场地成桩振动传播规律和建筑物安全振动强度阈值的研究.

关键词:现浇薄壁管桩;成桩振动;监测;评价方法

中图分类号: TU473 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-198X(2005)06-0692-04

桩基是极为常见的深基础形式,应用得当可显著提高地基的承载力,减小地基的沉降量.从施工方法上可将桩基分成两种形式,一种是通过在现场钻孔、挖孔浇注混凝土形成,如钻孔灌注桩、人工挖孔桩等;另一种是通过振动或锤击以及静压的方法将预制桩打入地基,包括采用振动沉模浇注混凝土的成桩方法.振动法成桩具有桩体质量可靠、承载力有保证、施工简便快捷等优点,但振动或锤击成桩时会产生较大的振动,对邻近的建筑物、地下管线产生影响,造成建筑物及地下管线开裂、道路损坏、边坡失稳等,从而造成巨大的经济损失,因此对打桩引起的振动进行预估、测试,对可能发生的危害程度进行分析,从而采取一定的应对措施是一项十分重要的工作.

1 成桩振动评价方法

目前,国内外对人工振动的研究成果大都集中在机器基础振动及爆破振动影响方面^[1~3],对成桩振动引起的环境影响也开展了一些研究^[4~6],对沉桩引起振动的传播规律已有一定了解,但目前仍无法准确计算成桩振动引起周边建筑物的振动量.对于成桩振动引起的周边环境影响评价国内外也没有形成一个统一的标准,目前在处理这一问题时,常用如下几种方法^[7]:(a)峰值加速度法,即对成桩引起的地面振动峰值加速度进行监测,根据 GBJ 11—89《建筑抗震设计规范》^[8]地面峰值加速度和地震烈度之间的关系,得出成桩引起的地面振动烈度,从而对周边建筑的安全性作出评估.(b)峰值速度法,即根据地面振动速度峰值对结构安全性影响较大的特点,参照 GB/T 17742—1999《中国地震烈度表》或 GB 6722—86《爆破安全规程》^[9]给出的影响程度参考值对结构的安全性作出评价.此外还有学者提出了用地面振动的反应谱或振动引起房屋结构的位移进行评估的方法^[10].

2 现浇薄壁管桩(PCC)成桩振动的特点

现浇薄壁管桩(以下简称 PCC 桩)是一种全新的软基加固技术^[11,13],它依靠锤头的激振力将内外双层套管和桩靴形成的环形空腔打入地基土层中,再在其中灌注混凝土形成桩体.因 PCC 桩的直径较大(可达 1.0~1.5 m),成桩的深度较深(可达 25 m),因而其锤头的激振能量较高,PCC 桩的锤头激振力由偏心块产生,跟锤击式锤头相比其激振力的频率亦较高.成桩过程中锤头激振能量的主要部分在桩靴处释放,同时套管的侧壁也会向地基中释放部分能量,因此成桩过程可简单模拟为点状振源不断下移的过程,成桩过程中锤头的激振能量由桩靴向四周传播,形成封闭球形的等振面.若将地基看成是均质各向同性弹性体则锤头的激振能量将在地基中以体波和面波两种方式传播,体波主要影响地下结构物,面波主要表现为瑞利波和拉夫波,在锤

头的激振能量中面波约占总输入能量的 67% ,体波约占 33%^[14] ,而且面波随距离的衰减比体波要慢得多 ,因此成桩振动对周围环境的影响以面波为主 .与锤击法沉桩相比 ,现浇薄壁管桩成桩过程振动的频率较高 ,激振能量较大 ,但成桩引起的地面振动的衰减规律仍可用高里茨公式来表示 :

$$A_r = A_0 \sqrt{r_0/r} \exp[-\alpha(r-r_0)]$$

(1)

式中 : A_r ——距振源 r 处地面质点振动峰值 ; A_0 ——距振源 r_0 处地面质点振动峰值 ; r ——距振源的距离 ; α ——土的能量吸收系数(衰减系数) ,一般土质取 $\alpha = 0.03 \sim 0.1$,软弱饱和细砂、粉砂、亚黏土取 $\alpha = 0.03 \sim 0.04$,粗砂、中砂、黏土取 $\alpha = 0.04 \sim 0.06$,较干硬的土取 $\alpha = 0.06 \sim 0.10$.

3 PCC 桩成桩振动实例

上海某市政道路大桥桥头采用 PCC 桩进行软基处理 ,桩基处理区域两侧均为居民住宅区 ,北侧距居民住宅区相对较近 ,约 30 ~ 35 m ,南侧相对较远 ,住宅一般为简易砖混结构的 2 层住宅楼 .为有效评估打桩振动对这些建筑物的影响 ,以便采取相应措施确保不对住宅产生影响 ,在正式施工前进行了打桩振动影响评估测试 ,考虑到打桩振动时垂直分量一般均远大于法向和切向水平分量 ,因此本次试验只对垂直振动进行了测试 .

3.1 测试仪器及测点布置

测试系统由拾振器和数据采集、分析处理系统构成 ,常时微动和打桩振动测试均采用 CDJ-Z2.5 型低频垂向振动速度检波器 ,仪器自然频率为 $2.5\text{ Hz} \pm 0.25\text{ Hz}$,频宽为 $2.0 \sim 300\text{ Hz}$,仪器灵敏度为 $1.0\text{ V}/(\text{cm}\cdot\text{s}) \pm 0.1\text{ V}/(\text{cm}\cdot\text{s})$.数据采集、分析处理系统采用 GOPEN-1243 型综合工程检测仪 ,仪器性能指标如下 :测试通道 3 道 ,放大器频宽 $0 \sim 20\text{ kHz}$,动态范围 128 db ,最大采样位数 20 be ,采样速率 $0.25 \sim 50\text{ ms}$,记录长度 $1 \sim 16\text{ K 字/道}$.PCC 桩施工区域及其北侧的建筑物分布情况见图 1 ,振动测试点分别布置在 223 号住宅墙基上、230 号住宅底层地板上 and 227 号楼底层地板及 2 楼地板上 ,各点的编号分别为 Z1、Z2、Z3、Z4 ,测试时各点距 PCC 桩机的距离分别为 20 m、45 m、60 m .

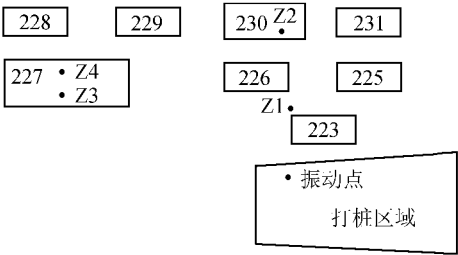


图 1 PCC 桩施工场地及测点布置

Fig.1 Site of PCC pile construction and layout of monitoring points

3.2 测试结果分析

场地周边建筑物固有幅频特性(自振频率、常时振幅)测试 ,采用常时微动法进行 ,PCC 成桩导致的住宅激发振动采用成桩振动跟踪测试法进行 ,测试过程中每点均进行了多次测试以确保测试结果的代表性 ,测试结果见表 1 .

表 1 住宅振动测试结果
Table 1 Monitoring data of piling vibration for residence

点号	点位	距离/m	垂向自振 频率/Hz	成桩振动 频率/Hz	垂向自振 速度峰值/ (mm·s ⁻¹)	垂向打桩振动 速度峰值/ (mm·s ⁻¹)
Z1	223 号楼墙基下	20	3.42	18.55	0.180	0.490
Z2	230 号楼下	45	3.90	17.58	0.095	0.303
Z3	227 号楼下	60	3.90	17.60	0.118	0.272
Z4	227 号 2 楼	60	4.88	17.70	0.093	0.311

根据测试结果可以得出如下结论 :

- a. 住宅楼自振频率一般均在 3.42 ~ 4.88 Hz 之间 ,而打桩振动激发引起的建筑物激发振动频率均在 17.58 ~ 18.55 Hz 之间 ,振动频率比高达 3.6 ~ 5.4 倍 ,图 2 为 223 号住宅楼的自然振动及 PCC 成桩过程中的激发振动速度波形图 ,图 3 为其速度频谱图 ,自然振动和成桩激发振动的频率特性相差较大 ,根据这一结果可以确认 PCC 桩成桩时场地周边住宅楼不会产生破坏性共振 .
- b. 成桩引起的地面振动速度幅值随着距离振动激发点距离的增加而减小 ,图 4 为地面激发振动速度衰减曲线 ,测试结果显示 ,随着距离的增加速度幅值衰减的速率变缓 ,该变化规律与高里茨公式的结果吻合 .
- c. 227 号楼不同位置的监测点 Z1、Z2 的监测结果显示 ,建筑物不同部位的自振频率随着其所在位置的增高而增大 ,但自振速度峰值较接近 ,建筑物不同部位成桩激发振动的频率基本一致 ,但高处的激发振动速度幅值明显有所增加 ,即成桩激发振动对建筑物上部造成的影响比下部大 .

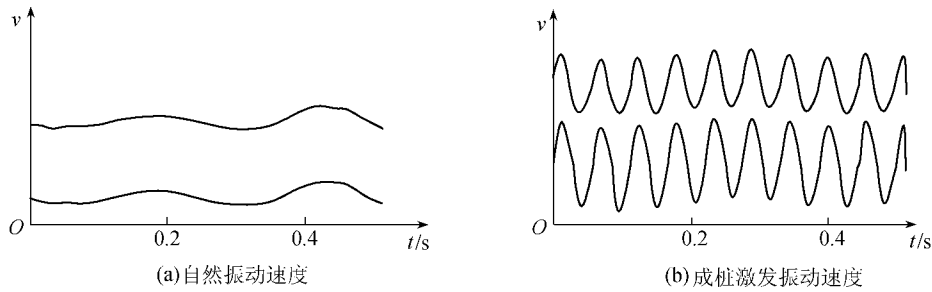


图2 速度波形
Fig.2 Velocity curves

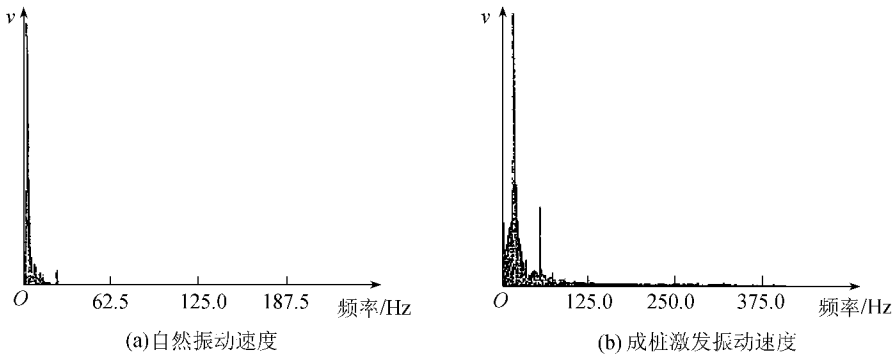


图3 速度频谱图
Fig.3 Velocity spectrum

d. 成桩振动激发的住宅楼垂向振动速度幅值一般仅为 0.272 ~ 0.490 mm/s ,如套用 GB 722—86《爆破安全规程》的规定 ,这些值远小于需保护建筑物可以承受的振动速度值的警戒值 20 ~ 30 mm/s .

e. 尽管测试过程中距离较近的住宅楼上存在明显的震感 ,但测试结果表明成桩振动不会对建筑物的结构造成破坏 ,后续施工结果也证明了上述结论 .

4 结 论

PCC 桩是一种新型的桩基技术 ,但其成桩过程会产生较大的振动 ,当周边建筑距离打桩区域较近时极易造成周边建筑物开裂等损害 ,施工之前进行成桩振动测试是进行影响分析并采取相应保护措施的有效手段 .目前对成桩振动的理论研究较少 ,尚未形成成桩振动影响的评估体系 ,在建筑物安全振动强度阈值的取值上经验较少 ,安全指标的取值往往是直接套用 GB 6722—86《爆破安全规程》的规定 ,这种做法带来了一定的误差 ,值得指出的是成桩振动和爆破振动的特性差别较大 ,而且同种类型的不同建筑物的抗震能力也存在一定差别 ,采用一成不变的振动强度阈值可能会带来不良的后果 .今后应加强不同场地土层成桩振动传播规律以及建筑物安全振动强度阈值及其影响因素的研究 .

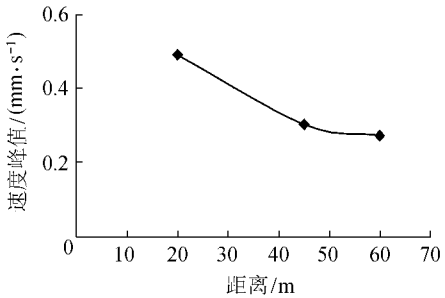


图4 地面激发振动速度衰减曲线
Fig.4 Velocity attenuation curve for piling vibration

参考文献 :

[1] ATTEWELL P B ,FARMER I W ,HASLAM D .Prediction of ground vibration parameters form major quarry blasts[J] .Mining and Mineral Eng ,1965 (5) :621—626 .
[2] 波林格 G A .爆炸振动分析[M] .刘锡荟 ,熊建国 ,译 .北京 :科学出版社 ,1978 .12—25 .
[3] 吴子泉 ,姜早峰 ,王成虎 ,等 .爆破地震效应数据处理影响因素初步研究[J] .西北地震学报 ,2004 ,26(1) :62—65 .
[4] 胡帅 .桩基施工与常用的检测手段[J] .西部探矿工程 ,2004 ,11 :28—31 .
[5] 陈云敏 ,凌道盛 ,周承涛 .打桩振动近场波动的数值分析和实测比较[J] .振动工程学报 ,2002 ,15(2) :178—184 .

[6] 张庆贺, 柏炯. 沉桩引起环境病害的预测和防治[J]. 岩石力学与工程学报, 1997, 16(6) : 595—603.

[7] 胡均. 上海打桩振害监测与分析[J]. 上海地质, 1999(5) : 5—9.

[8] GBJ11—89 建筑抗震设计规范[S].

[9] GB6722—86 爆破安全规程[S].

[10] 翟厚勤, 高本立, 刘永刚. 打桩地面振动对房屋结构安全影响的实用评估方法[J]. 江苏建筑, 1997(1) : 1—5.

[11] 刘汉龙, 费康, 马晓辉, 等. 振动沉模大直径现浇薄壁管桩技术及其应用(开发研制与设计) [J]. 岩土力学, 2003, 24(2) : 21—25.

[12] 刘芝平, 丰土根, 张亚东. 现浇薄壁管桩技术在市政道路软基加固中应用[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2003, 31(3) : 324—327.

[13] 费康, 刘汉龙, 周云东, 等. 现浇混凝土薄壁管桩单桩性状简化分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2004, 32(1) : 59—62.

[14] 叶金生. 打桩振动对周围建筑物影响的测试与分析[J]. 安徽建筑, 2001(5) : 68—71.

Influences of vibration during piling of cast-in-place thin-wall concrete piles

ZHOU Yun-dong¹, CHAO Jie², LIU Han-long¹, ZHANG Ting¹

(1. Geotechnical Research Institute of Hohai University, Nanjing 210098, China ;

2. Jiangsu Xindadu Real Estate Co. Ltd, Nanjing 210002, China)

Abstract :An introduction was given to the characteristics and evaluation method of vibration during piling of cast-in-place thin-wall concrete piles. In combination with a soft ground project, which was improved by cast-in-place thin-wall pipe piles, the influence of vibration during piling was analyzed, and the method for reasonable evaluation of the vibration effect of piling of cast-in-place thin-wall pipe piles was discussed. The result shows that the method currently used is imperfect, and it is suggested that the research on the regularity of vibration propagation at different sites and the shreshold value of vibration strength to ensure the safety of buildings should be strengthened in further study.

Key words :cast-in-place thin-wall pipe pile ; piling vibration ; monitoring ; evaluation method

《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊, 主要刊登本校在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、计算机科学、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、管理工程、水利经济、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果、学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章, 可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考。

本刊创办于 1957 年, 是我国中文核心期刊, 在国内工程技术界和学术界有较大影响。刊载的文章中, 有不少国家科技攻关(重点) 项目和各种科学基金资助项目的研究成果, 部分达到了国内领先和国际先进水平, 为我国水利、水电、水运工程及其他有关工程建设的规划、设计、施工和管理提供了科学理论、方法和具体建议, 发挥了较大的社会效益和经济效益, 深受工程界和科技界赞许, 并获得全国高校科技期刊优秀编辑出版质量奖, 以及中国期刊方阵“双效期刊”、江苏省优秀期刊、全国水利系统优秀期刊称号。

本刊每逢单月出版, 国内外公开发行, 邮发代号 28-63, 2006 年每本定价 12.00 元。欢迎广大读者在全国各地邮局订阅或直接与编辑部联系。联系地址 : 南京市西康路 1 号《河海大学学报(自然科学版)》编辑部, 邮政编码 210098。