

振动沉模大直径现浇薄壁管桩技术 及其应用 (II): 工程应用与试验

刘汉龙, 郝小员, 费康, 陈永辉

(河海大学 岩土工程研究所, 江苏 南京 210098)

摘要: 介绍了振动沉模现浇混凝土管桩 (简称 PCC 桩) 技术在南京大厂区内高填土市政道路软基加固中的应用。对该新型桩基开展了一系列现场试验和检测, 以其结果验证了该桩型的适用性, 桩基承载力和复合地基变形满足了设计要求; 通过低应变测试分析可知, 所检测桩桩身质量是完整的。研究结果表明: 振动沉模现浇混凝土管桩技术是高等级公路软基加固中的高效、经济的新技术。

关键词: 现浇; 薄壁管桩; 工程实例; 现场试验

中图分类号: TU435 **文献标识码:** A

Field pour concrete thin wall cased pile technology and its application (II): Application and in-situ test

LIU Han-long, HAO Xiao-yuan, FEI Kang, CHEN Yong-hui

(Research Institute of Geotechnical Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: A case study on the application of field pour concrete thin wall cased pile technology in a municipal road with high earth fill in Nanjing Dachang District is conducted. A series of field detection and in-situ test have been performed; the results show that the bearing capacity satisfies the design capacity and the use of this style pile is successful. The low strain test shows that the pile quality is good. So the field pour concrete cased pile with vibrated steel tube mould technology is an effective and economical technology for soil improvement.

Key words: pour; thin wall cased pile; case study; in-situ test

1 工程概况

现浇混凝土薄壁管桩是适合于软土地区的新型高效优质桩^[1]。为了对这一全新的地基处理技术做出较为全面地了解, 结合南京大厂区经一路工程对现浇管桩的施工过程、桩土的相互作用、相邻桩施工对已成桩的影响、单桩或复合地基承载力等项目进行了现场试验, 较为全面地了解了该桩型的实际工程性能, 为对该类新桩型的理论研究做了准备, 并为今后该类桩型的推广使用积累了经验。

南京市大厂区市政经一路工程位于南京钢铁集团公司厂区北侧, 是南钢集团与大厂区政府联建的交通工程。道路全长近 1 000 m, 建筑场地地貌特征复杂, 原为农田及鱼塘, 地下水位埋深在 1.10~1.80 m。设计场地的东部地势较高, 为阶地的台阶位置, 因此需填土, 以缓坡连接台地上下, 最高填土高度在 6 m 左右。由于填土方量大, 土方荷载及

路面等对地基的承载力要求相应增加。在填土方量大的地段 K0+634~K0+732, 为软土地基段, 分布着 8~18 m 厚粉土和粉质粘土, 其承载力难以满足上部荷载的要求。由于时间紧迫, 道路工后沉降要求高, 因此, 必须对地基进行加固处理。

2 工程应用

通过技术、经济等方面的比较分析, 在超载预压、振动沉模大直径现浇管桩复合地基和粉喷桩复合地基等方案中采用了现浇管桩这一新技术。该技术主要是采用大直径管桩加固地基, 由于管桩节省材料, 且增加桩身表面积, 单方混凝土提高的承载力高于实芯桩。因此, 该桩型造价低廉, 施工速度快, 对土层适应性强, 对于处理大面积范围的地基加固与其它实心桩相比有明显的优势。现浇薄壁管桩设计指标为: 最大桩长 11.8 m, 桩径 1 000 mm,

收稿日期: 2002-09-18

资助项目: 江苏省教育厅高新技术发展资助项目

作者简介: 刘汉龙, 男, 1964年生, 教授, 博士, 博士生导师, 河海大学岩土工程研究所所长, 从事土动力学与地基基础工程教学与科研工作。

壁厚 120 mm, 混凝土强度等级为 C20, 坍落度为 5~8 cm。桩的布置沿路的纵向桩间距为 3.5 m、横向桩间距为 3.0 m, 采用方形布置。设计单桩(长度 7.8 m)极限承载力为 600 kN。图 1 为现场薄壁管桩施工照片, 图 2 为群桩照片。



图 1 桩基现场施工照片

Fig.1 Photo for pile construction



图 2 群桩施工照片

Fig.2 Photo for pile group

3 现场试验

3.1 概述

由于振动沉管法现浇混凝土薄壁管桩的施工工艺不同于预制混凝土和钢管桩, 因此, 其桩土的作用机理与打入(或压入)预制混凝土桩和钢管桩存在差别。预制混凝土桩和钢管桩采取打入(或压入)方式施工, 在施工过程中, 管桩中心土体会出现闭塞效应, 使得开口预制管桩的最终承载力接近实心闭口桩的承载力。由于施工工艺的差别, 其桩

土作用机理与预制管桩和钢管桩的桩土作用机理存在着很大的差别。因此, 现浇混凝土薄壁管桩中是否会出现闭塞效应是首先要回答的问题之一。另外, 由于现浇混凝土薄壁管桩存在部分挤土作用, 设计的桩间距是否合理, 是否会因为挤土作用造成桩周土位移过大, 施打相邻桩是否会对原有的桩造成破坏等等, 也需要用现场试验进行验证。

为了解决以上问题, 根据该类桩型的特点, 同时, 考虑到我国桩基设计和施工的相应规范所规定的具体要求而制定了试验方案。通过对现浇管桩的施工过程、桩土的相互作用、相邻桩施工对已成桩的影响、单桩或复合地基承载力等项目的试验, 全面地了解该桩型的实际工程性能。

3.2 测试仪器布置

本工程在现场共进行了两组试验: 第一组试验(桩号: 36[#]), 第二组试验(桩号: 11[#])。试验桩及预埋件平面布置见图 3。

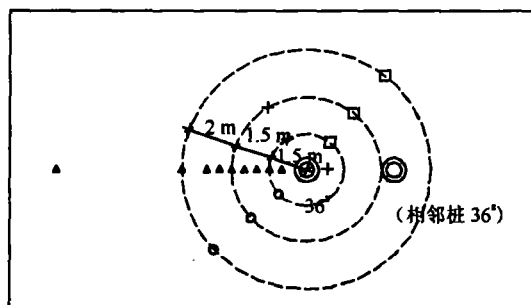
3.3 现场试验内容及成果分析

(1) 地面水平位移观测

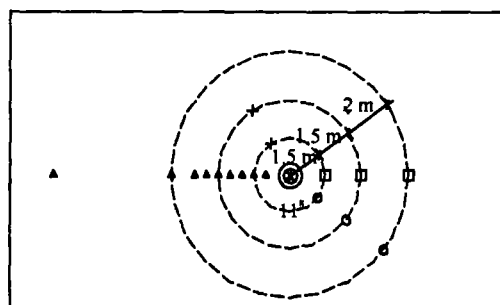
本文仅对 36[#]桩的试验结果进行分析。使用水准仪测量因打桩造成的桩周地表土的水平及垂直位移。在地表沿该桩径向 1 m, 1.5 m, 2 m, 2.5 m, 3 m, 3.5 m, 4 m, 5 m 处埋设观测点, 并将距桩中心大于等于 10 m 的点设置为不动点, 施打完成后立即进行观测。图 4 示出 36[#]桩成桩结束后地表位移的分布情况, 从实测资料可以看出, 在沉桩过程中地表土体的挤密近于呈指数形式的衰减。在距桩中心 2.5 m 处桩周土的位移量均小于 2 mm, 说明本次设计的桩间距是合理的。

(2) 沉桩引起桩周土不同深度的水平位移观测

为确定沉桩过程中距桩中心不同半径范围、不同深度的桩周土的水平位移, 在距离施打桩中心 1.5 m, 3 m, 5 m 处, 各埋设一根测斜管, 埋设深度距桩顶均为 12 m。在打桩过程中, 桩机每下沉 2 m 观测一次。



(a)



(b)

○—桩位 ○—测斜管 □—孔隙水压力计 +—土压力盒 △—地面水平、垂直位移观测点

图 3 试验桩位及埋设元件平面布置图

Fig.3 Sketch of observational apparatus

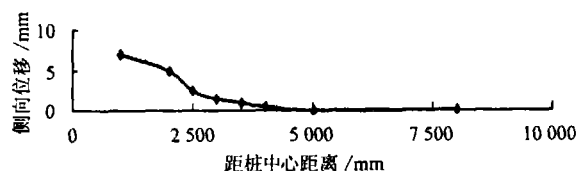


图4 36#桩成桩结束后地表位移分布

Fig.4 Distribution of surface displacement for pile #36

沉桩的挤土作用导致桩周土发生径向位移,从实测结果分析可知,在距桩边 1 m 处挤压水平位移很大,最大可达 30 mm 以上,距桩边 2 m 处水平位移明显减小,距桩边 2.5~4.5 m 处水平位移很小。但无论是距桩中心远近,每次检测会发现在 2 m 深处水平位移偏大(见图 5),可能是由于上部表层土经过碾压形成硬壳,在沉桩过程中硬壳下面的饱和回填土或软粘土产生变形所致。

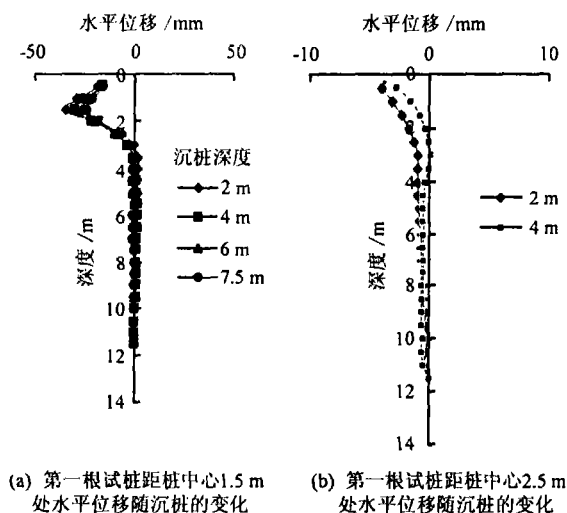


图5 沉桩引起的水平位移

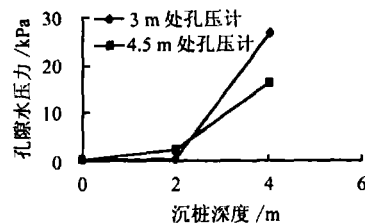
Fig.5 Horizontal displacement during pile sinking

(3) 超孔隙水压力的测试

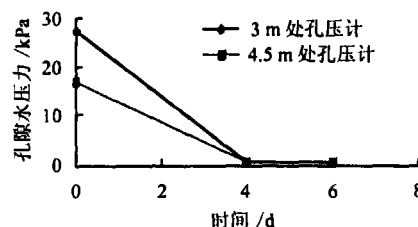
为了测试沉桩过程中孔隙水压力的变化及沉桩后孔隙水压力的消散,在距施打桩中心 1.5 m, 3 m, 5 m 处设置观测孔,在孔中每一土层中埋设一支孔隙水压力计。在打桩过程中,桩机每下沉 2 m 观测一次;并在施打完成后不同时间内进行观测。观测发现孔隙水压力随沉桩深度逐渐增加,但增加至一定值后,孔压将不再增加。距离沉入桩越近孔压升得越高。本次预埋的孔隙水压力计与沉桩边最近的距离为 0.5 m,在该处孔压升高到近 30 kPa,是距桩中心 3 m 处孔压的 3 倍。本场地为亚粘土,由图 6 可知孔压消散也很快。

(4) 沉桩过程中和成桩后对水平向土压力的观测

为了测试沉桩过程中的挤土压力,在距施打桩中心 1.5 m 和 3 m 处打孔,在 2.5 m, 5.0 m, 7.5 m,



(a) 沉桩过程孔压变化实测结果(距桩中心 1 m)



(b) 沉桩后孔压随时间变化实测结果(距桩中心 1 m)

图6 沉桩引起的孔压变化

Fig.6 Excess pore water pressure during pile sinking

深度处垂直向埋设土压力盒。桩机每下沉 2 m 观测一次;并在施打完成后的不同时间内进行观测。成桩后在该桩侧壁又埋设两只土压力盒,深度分别为 2.5 m 和 4 m,目的是为了检测在施打相邻桩时该桩所受到的挤土压力。

距沉桩中心 3 m 处的实测资料反映出以下特点:在单桩沉入且无相邻桩存在的情况下,沉桩的挤土压力在上部 5 m 范围内是近于一致的,下部由于土质较硬,挤土作用明显,因此在 5 m 以下挤土压力要高于上部挤土压力。随着沉桩深度的变化,下部挤土压力也随之上升,如距桩中心 3 m 的挤土压力(见图 7)。打桩结束后,桩周土压力随时间的增加而不断地减小(见图 8),这一点与已有的观点是一致的,即应力松弛现象。

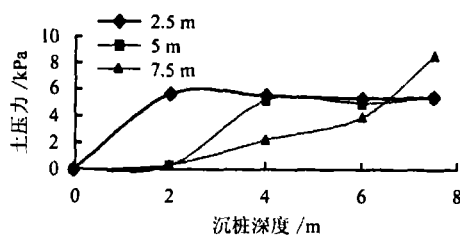


图7 不同沉桩深度各测点土压力

Fig.7 Earth pressures vs depth

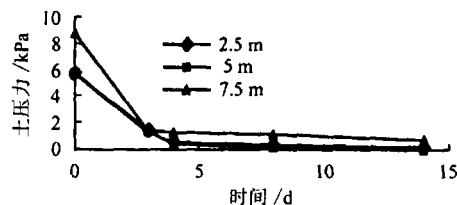


图8 不同深度土压力随时间变化

Fig.8 Earth pressures in different depths versus time

(5) 土芯上升规律的观测

为确定是否会出现闭塞效应, 需观测土芯的高度及最终排土量, 从而, 研究土芯升高的规律。打桩过程中, 桩机每下沉 2 m 观测一次。

土芯在沉桩过程中有时会高于沉桩深度, 有时低于沉桩深度, 但变化幅度不大。在成桩后, 土芯一般高于地面 (10 cm) 或持平。这说明在粘性土中沉桩过程不会形成土塞, 即对于粘性土, 管桩沉入的深度通常等于土芯上升高度。

(6) 静力触探试验

对桩位原状土, 成桩后桩芯的土体和桩周土进行静力触探试验, 比较成桩前后的变化, 确定管芯是否存在闭塞效应。根据成桩前后的静力触探分析管芯土体、桩周土体强度的变化、密实情况, 在该桩打入引起的孔压消散后进行试验。静力触探试验结果反应, 土芯与桩周土差别不大, 与打桩前的土性也相差无几。进一步说明了不会形成闭塞效应 (见图 9)。

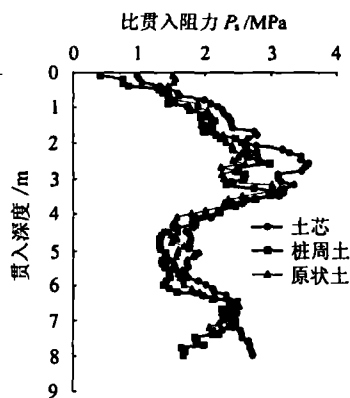


图 9 静力触探试验结果
Fig.9 CPT test result

4 桩基检测

桩基施工结束后采用三种方式进行质量检测:

(1) 现场开挖: 检查桩身外观质量, 该项工作在桩基完工 14 d 后进行, 检查数量不得少于 3 根。图 10 为开挖的桩头。开挖结果表明, 桩身混凝土结构完整, 无断桩和空隙。

(2) 低应变检测: 采用反射波法对桩身完整性进行检测, 检测数量为总桩数的 25 %。南京大学科技实业集团公司基础工程科技应用中心的《桩基低应变动力检测报告》表明: 桩身混凝土强度等级达到设计 C20 要求。实测各桩桩身完整, 均为 A 类桩。

(3) 静载荷试验: 对单桩承载力进行检测, 检测数量为 3 根桩。中铁大桥局集团第二工程有限公司五分公司《基桩静荷载试验报告》表明, 7.8 m 管桩竖向极限承载力大于 600 kN, 满足设计要求。

本次静载荷试验是理想的, 单桩荷载加至 780 kN, 沉降为 2.6 cm (见图 11), 未能达到极限破坏 (JGJ94-94 规范极限沉降标准小于 4 cm)。但从本次试验土芯的承载力承担的应力可反映出来, 土芯承载力起初随荷载的增加而增加, 当荷载达到某一值后, 土芯的承载力将不再增加, 这可能是由于土芯被压缩致使整个土芯密实, 并将土芯的上部荷载传至桩底。建议在以后的设计中将管桩的桩顶予以封闭, 这样有利于土芯作用的发挥。

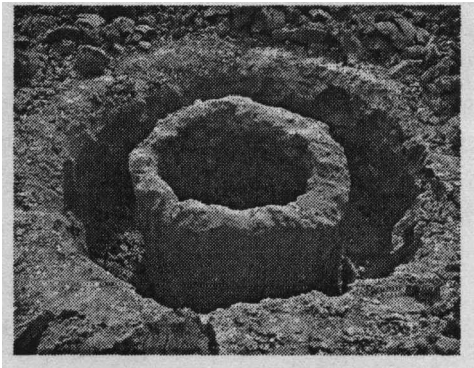


图 10 现场开挖管桩桩头
Fig.10 Excavation of cased pile

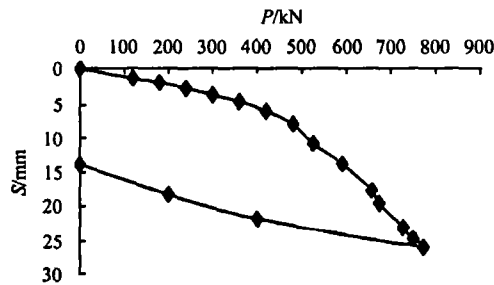


图 11 P-S 曲线
Fig.11 P-S curve

5 结论

现场检测和测试试验表明, 本工程设计使用该桩型是成功的, 承载力满足了设计要求; 通过低应变测试分析, 所检测桩桩身质量是完整的。振动沉模现浇管桩是一种软基加固的全新专利技术, 由于其地基具有适应性好、施工质量易控制、无需预压、承载力高、总沉降量小、检测方便、桥头跳车改善程度好等粉喷桩无法比拟的优点, 该技术在高等级公路软基加固中具有极大的推广应用价值。

参考文献

- [1] 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 (I): 开发研制与设计[J]. 岩土力学, 2003, 24 (2): 164-168.
- [2] 刘汉龙, 马晓辉, 郝小员等. 振动沉模大直径现浇管桩技术在南京大厂经一路软基加固中应用[R]. 南京: 河海大学科学研究报告. 2001.