

现浇薄壁管桩技术在市政道路软基加固中应用

刘芝平¹, 丰土根², 张亚东³

(1. 南京河西新城区开发建设指挥部, 江苏 南京 210004; 2. 河海大学岩土工程研究所, 江苏 南京 210098;
3. 南京市市政工程设计研究院, 江苏 南京 210008)

摘要: 介绍现浇混凝土薄壁管桩技术以及在南京大厂区高填土市政道路软基加固中的应用. 对现浇薄壁管桩进行了静载试验, 桩基容许承载力超过了设计值, 满足了工程要求. 通过低应变测试分析, 检测桩桩身质量是完整的. 通过现场测试沉桩过程中地面水平位移和桩周土压力的变化, 发现薄壁管桩侧向挤土效应小, 沉桩对周围土体变形影响小.

关键词: 现浇薄壁管桩; 市政道路; 地基加固

中图分类号: TU473.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1980(2003)03-0324-04

我国地域辽阔, 地质条件极为复杂, 特别是在沿海地区及内地湖河沉积相地区存在着许多复杂的软土地基, 在这些地质条件下修建高质量的公路及建筑物都要进行软基处理, 以增加地基的稳定性及减少沉降. 软基处理方法的选择对工程质量、工期和经济效益均有重要的影响. 现在软基处理中使用的方法主要有桩基、水泥土搅拌桩、强夯法和真空预压、超载预压等加固方法. 每种加固技术都有它的适用性和局限性. 水泥土搅拌桩施工质量难以控制, 检测繁琐且费用高, 加固深度也有限. 超载预压方法由于软弱地基土的强度很低, 存在路堤的稳定性问题, 不能快速加载, 制约了工程的进度, 因此施工工期很长, 影响了工程投资的经济性. 强夯法主要是针对透水性较强的软土, 加固效果明显, 而对软粘土不适宜, 使沿海地区的粘土及淤泥质土的加固处理受到了限制.

桩基在加固软土地基中使用, 由于施工速度快, 可大大缩短工期, 加固处理深度不受限制, 适宜各种地质条件, 能明显增加路基的稳定性, 提高地基的承载力和减小变形. 长期以来, 无论在建筑工程还是在道路工程中, 都得到普遍采用. 桩基主要包括实心预制桩、现场灌注混凝土桩以及预制混凝土管桩等. 预制实心桩较现场灌注桩造价要高, 现场浇筑混凝土桩单方造价较低, 但也不能节省混凝土材料. 为此又发展了预制混凝土管桩, 该桩形的单方混凝土承载力较实心混凝土桩有了较大的提高. 但预制混凝土管桩的使用需要在工厂预制, 预制混凝土管桩从形式上是节省了材料, 但考虑到施工和运输因素, 又必须加入大量的钢筋以增加强度, 抵抗施工可能带来的破坏性, 从而增加了造价使基础加固成本提高. 因此, 寻求使用较少的混凝土方量, 以实现造价低、承载力高, 并且地基的稳定性增加明显的新桩形成为岩土工程界的迫切需要解决的问题. 正是考虑到实心桩及预制管桩的不足, 开发了高效经济的现场浇筑混凝土薄壁管桩软土地基加固技术和施工工艺, 并且开始在高等级公路中推广应用.

1 现浇混凝土管桩技术简介

现浇混凝土管桩技术吸收了预应力混凝土管桩、振动沉管桩和振动沉模薄壁防渗墙等技术的优点^[1]. 该管桩桩身强度高, 直径可达 1.5 m, 有效加固深度可达 25 m 以上, 施工工艺简单, 可操作性强, 便于质量控制、监督, 单桩承载力高而造价相对较低. 图 1 为现浇混凝土管桩原理图. 该技术采取自动排土振动灌注而成管桩, 具体步骤是依靠管腔上部锤头的振动力将内外双层套管所形成的环形腔体在活瓣桩靴的保护下打入预定的设计深度, 在腔体内现场均匀浇注混凝土, 之后振动拔管, 在环形域中土体与外部的土体之间便形成混凝土管桩. 为了保证桩与土共同承担荷载, 并调整桩与桩间土之间竖向荷载和水平荷载的分担比例以及减少基

础底面的应力集中问题,在桩顶设置褥垫层,具体为待管桩中混凝土达到设计强度后,在桩顶铺设一层砂石,并在砂石垫层中放置土工格栅,使桩间土与管桩共同发挥作用,从而形成现浇管桩复合地基。

现浇混凝土管桩的设计和检测可参照目前现行有关规范,如《建筑地基处理技术规范》(JGJ79—91)、《建筑基桩技术规范》(JGJ94—94)、《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—89)和《基桩低应变动力检测规程》(JGJ/T 93—95)等。实际设计中一般选用如下参数:直径 800~1 500 mm,壁厚 100~150 mm,桩长可达 25 m 以上,混凝土等级 C10~C25,坍落度 5~8 cm,桩间距横向 2.5~4.0 m,纵向间距排与排之间 2.5~4.0 m,采用梅花形或正方形布置。

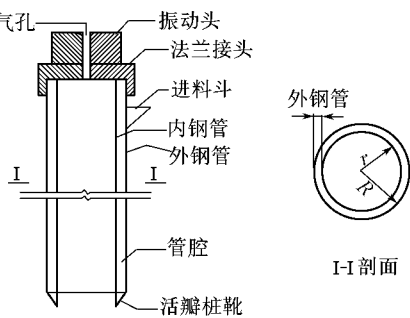


图 1 现浇混凝土管桩

Fig.1 Cast-in-situ concrete pipe pile

2 现浇混凝土管桩技术优点

现浇混凝土管桩复合地基技术在高等级公路路基加固中的使用,将有助于解决许多工程实践问题,节约成本,缩短工期,提高工程质量。这里仅与目前工程中广为使用的粉喷桩复合地基进行比较,阐述其优点。

a. 施工适用性。现浇管桩:属于刚性桩,桩身强度较高,可达 C20~C25,桩径可达 1.5 m,采用边振动边加压的沉管方式,处理深度大于 25 m;粉喷桩:属于柔性桩,桩身强度低,桩径小,一般 0.5 m 左右,处理深度小,目前国内现有粉喷桩机最大处理深度 15 m 左右,且深度大于 10 m 以后,下部压力增大,喷灰困难,粉喷桩固结往往较差。

b. 施工质量控制。现浇管桩:施工工艺简单,过程清晰,便于质量监督管理,可操作性强,混凝土现场质量易控制;粉喷桩:水泥灰量输送由高压气流控制,实际施工时,土层变化大,造成送灰压力不均匀,因而喷灰量分布不均匀,极易出现搅拌不均匀,局部固结差,施工隐蔽性强,现场质量监督管理困难。

c. 桩基检测。现浇管桩:采用小应变或人工开挖进行检测,测试费用低,一般占工程总造价的 1%~2%。由于采用无损测试,检测周期短,检测范围广;粉喷桩:通常采用钻探取芯、静载等方法,检测费用高,一般占工程总造价的 3%~5%,检测周期长,范围小(一般占总桩数 2%左右),不能全面反映整个工程质量。

d. 加固效果。现浇管桩:采用半排土半挤土沉管方式,大大提高路基承载力,如桩端至持力层,承载力是粉喷桩的 10 倍,且系群桩基础,沉降量很小;粉喷桩:桩身强度低,其承载效果、抗剪强度均远远不如现浇管桩,由于处理深度浅,下卧层沉降量大。

e. 经济比较。以江苏地区综合单价为对象。现浇管桩:假设桩长同为 12 m,桩径 1 000 mm,壁厚 120 mm,桩距 3.3 m,现浇管桩每延米综合单价约为 180 元,加固费用为 198 元/m²;粉喷桩:假设某桩长 12 m,桩径 500 mm,桩距 1.4 m,粉喷桩每延米综合单价为 32 元,加固费用为 195 元/m²。

基于以上比较分析,粉喷桩与现浇薄壁管桩软基加固的两种处理方法,造价方面相差不大,但现浇管桩具有地基适应性好、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,因此选现浇薄壁管桩加固软基更经济、更合理。从目前对两种不同处理方法效果从经济性、安全性、效果性进行对比来看,振动沉模大直径现浇管桩技术是代替粉喷桩技术的一个很好的方案。

3 现浇管桩技术在市政道路路基加固中应用

3.1 工程加固概况

南京大厂区经一路软基加固工程位于南京市长江北岸,地基土层为 8~18 m 深粉质粘土^①,设计路堤填土最大高度为 6.0 m。通过堆载预压、真空预压、粉喷桩等方案比较,最终确定了现浇管桩复合地基加固技术方案,设计桩长从 6~11.8 m 不等,工程总量为 3 780 延米,设计直径 1 000 mm,壁厚 120 mm,混凝土等级 C20,坍落度 5~8 cm,桩间距横向 3.0 m,纵向间距排与排之间 3.5 m,采用正方形布置。设计 7.8 m 长管桩竖向极限承载力 600 kN。地基处理工程于 2001 年 11 月底完成。图 2 为现场施工的照片。

① 刘汉龙,马晓辉,郝小元,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.河海大学科学研究报告,2001.

3.2 桩基检测

该桩基工程检测分3种方式进行,即(a)现场开挖:检查桩身外观质量,该项工作在桩基完工14d后进行,检查数量不得少于3根.图3为开挖单根管桩桩头.开挖结果表明,桩身混凝土结构完整,无断桩和空隙.(b)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“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,为A类桩.(c)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第五分公司《基桩静荷载试验报告》表明,7.8m管桩竖向极限承载力大于730kN,满足设计要求.图4为静载试验结果.

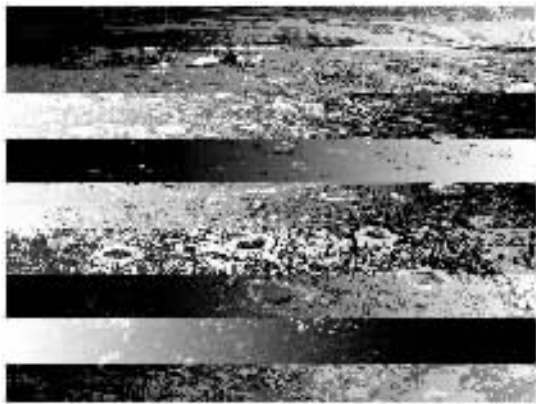


图2 现场施工群桩
Fig.2 Field constructed piles



图3 现场开挖单根管桩桩头
Fig.3 Field excavated single-pile head

3.3 现场测试

在桩基实施过程中,进行了现场埋设仪器和测试研究,测试结果如下:

a. 桩周地表土的位移.从实测资料可以看出,在沉桩过程中对于地表土体的挤密近于指数形式的衰减.在距桩心2.5m处桩周土的位移量均小于2mm,说明本次设计的桩间距是合理的.图5是成桩结束后地表位移的分布.

b. 沉桩过程土压力的变化.为了测试沉桩过程中的挤土压力,在距施打桩中心1.5m和3m处成孔,在2.5m,5.0m,7.5m深度处埋设垂直向土压力盒.桩机每下沉2m观测一次,施打完成后不同时间进行观测.成桩后在该桩侧壁再埋设两只土压力盒,深度分别为2.5m和4m,目的是为了检测在施打相邻桩时该桩所受到的挤土压力.

从距沉桩中心3m处实测资料中反映出的特点:在单桩沉入时,且无相邻桩存在的情况下,沉桩的挤土压力在上部5m范围内近于一致的,下部由于土质较硬挤土作用明显,因此,在5m以下土压力要高于上部压力.随着沉桩深度的变化,下部土压力也随之上升.图6为距桩心3m压力.图7显示打桩结束后,桩周土压力随时间不断地减小,由于已经存在的桩对桩周土体已经挤密,因此,在打入相邻桩时,对在已成桩的边缘产生较大的挤压应力,其应力变化特点为随沉桩深度的加深有增加的趋势,但增量有限.沿径向土压力也是衰减的,这一点与已有的观点是一致的,即应力松弛现象.

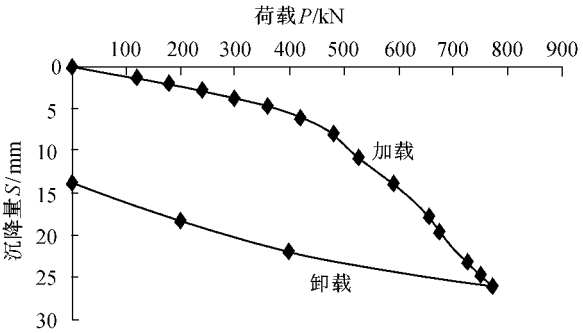


图4 P~S曲线
Fig.4 P~S curve

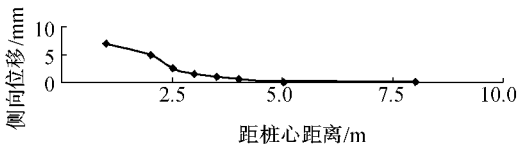


图5 成桩结束后地表位移的分布
Fig.5 Distribution of surface displacement after pile construction

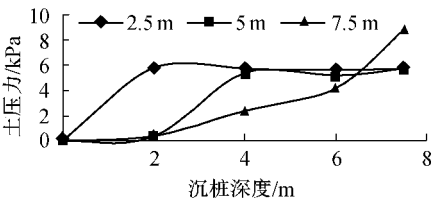


图 6 不同沉桩深度各测点土压力

Fig.6 Soil pressure at test points of different pile socketed-depths

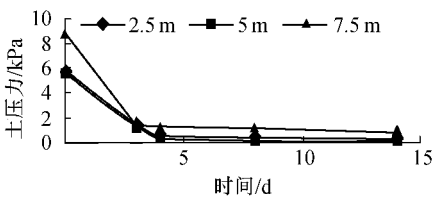


图 7 不同深度土压力随时间变化

Fig.7 Variation of soil pressure at different depths with time

4 结 论

介绍了现浇混凝土管桩技术及其在南京大厂区高填土市政道路路基加固中的应用 ,通过现场检测和测试试验表明 ,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路基加固的全新专利技术 ,由于其地基适应性好、施工质量易控制 ,所以具有无需预压、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 .

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 I J].岩土力学 ,2003 ,24(2) : 21—25 .

Application of cast-in-place thin-wall concrete pipe piles to stabilization of soft foundation of municipal roads

LIU Zhi-ping¹ , FENG Tu-gen² , ZHANG Ya-dong³

- (1. Nanjing New City Area Construction Headquarters , Nanjing 210004 , China ;
2. Research Institute of Geotechnical Engineering , Hohai Univ . , Nanjing 210098 , China ;
3. Nanjing Municipal Design and Research Institute , Nanjing 210008 , China)

Abstract: An introduction is given to the technology of thin-wall concrete pipe pile casting and its application to stabilization of the high fill soft foundation of a municipal road in Dachang District of Nanjing City. The static load test performed on cast-in-place piles shows that the permissible bearing capacity of the pile foundation exceeds their design value and meets the requirement of the project , and the result of the low-strain test shows the integrity of the test piles. Besides , the variations of the horizontal displacement of ground surface and soil pressure around piles measured during the process of pile-sinking indicate that the lateral soil crushing effect around piles is small , and that pile-sinking is of small effect on the deformation of surrounding soil.

Key words : cast-in-place thin-wall pipe pile ; municipal road ; foundation stabilization