

树根桩在建筑工程基础加固设计中的应用

宾 帅¹, 钟艳明¹, 罗国强²

(1. 湖南大学设计研究院有限公司, 湖南 长沙 410082; 2. 湖南大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘要:随着我国建筑业市场从增量时代转向存量时代, 各类工程加固改造项目与日俱增, 其中地基基础加固尤为重要。文章结合多个典型的加固设计工程实例研究, 介绍了树根桩在各类既有建筑地基基础加固中的具体应用方案、特点与计算, 提出了几种复合加固形式, 分析了树根桩加固法的优缺点和适用性。研究表明: 树根桩在建筑工程基础加固中具有广泛的适用性。本文成果可为诸多类似工程的加固设计提供借鉴参考。

关键词: 树根桩; 既有建筑; 基础加固;

中图分类号: TU753. 8

文献标识码: A

文章编号: 1673 - 8993(2024)08 - 0050 - 06

doi: 10. 13402/j. gcjs. 2024. 08. 105

Application of root pile in the design of building foundation reinforcement

BIN Shuai¹, ZHONG Yanming¹, LUO Guoqiang²

(1. Design and Research Institute of Hunan university Co., Ltd., Changsha 410082, Hunan, China;

2. College of civil Engineering Hunan University, Changsha 410082, Hunan, China)

Abstract: With the transformation of China's construction market from the incremental era to the stock era, all kinds of engineering reinforcement and reconstruction projects are increasing day by day, among which foundation reinforcement is particularly important. Based on studies on several typical engineering cases for reinforcement, this article introduces the specific application schemes, calculations, and characteristics of root piles in various existing foundation reinforcement, and proposes several composite reinforcement forms. This article analyzes the pros & cons and applicability of the root pile reinforcement method. The study shows that the root pile has extensive applicability in the reinforcement of building engineering foundation. This paper can provide reference for the reinforcement design of many similar projects.

Key words: root pile; existing buildings; foundation reinforcement

随着我国工程建设进程的发展, 当前建筑业市场转向存量时代, 既有建筑各类工程的加固改造项目逐渐增多。为解决既有建筑地基基础质量缺陷、沉降、改造加层增荷、承载力不足等问题, 树根桩加固技术的应用研究具有重要现实意义。

树根桩通常桩径为 150 ~ 400 mm, 设计时可采用钢管代替树根桩中的钢筋笼, 并采用压力注浆提高承载力。树根桩施工方法工艺是钻机成孔、泥浆护壁、下钢筋笼或钢管、下注浆管和填石子、灌注水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土, 采用后压

浆工艺成桩。树根桩的施工由于采用了注浆成桩的工艺, 根据上海经验通常有 50% 以上的水泥浆液注入周围土层, 从而增大了桩侧摩阻力; 采用二次注浆可提高桩极限摩阻力的 30% ~ 50%。^[1] 孙训海等^[2] 针对软土地区某建筑物提出微型桩复合桩基加固方案, 有效控制了建筑物的后期沉降; 魏焕卫等^[3] 对沉降较大的某储煤仓提出利用微型桩的单桩竖向极限承载力和适当折减原复合地基承载力的减沉桩基设计理念, 采用二次压浆微型桩加固, 满足了强度和变形的双重要求; 陈专

收稿日期: 2024 - 01 - 25

作者简介: 宾 帅 (1991—), 男, 工程师, 从事工程结构加固设计和鉴定工作。

等^[4]以某加油站加固项目为例, 分析了微型钢管混凝土树根桩技术加固地基基础的效果; 傅鹏辉等^[5]提出一种新型微型群桩抗滑桩布桩设计方法, 通过模拟计算结果表明, 抗滑群桩在抵抗变形及受力方面均显示出较大的优越性。

在前人研究基础上, 本文通过多个不同类型的工程实例, 着重研究提出树根桩加固地基基础设计时的几种复合加固形式, 并分析其特点、计算方式及优点适用性, 以期树根桩在建筑工程基础加固设计中的广泛实践应用提供具体可行的参考借鉴。

1 树根桩在既有建筑基础加固中的应用

1.1 加层增荷类建筑地基基础加固

1.1.1 工程实例

长沙市某生产车间改扩建工程, 裙房建筑为地下 2 层 + 地上两层框架结构(地上高 20 m), 裙房范围采用独立基础、以全风化板岩为持力层, 地基承载力特征值为 240 kPa; 地下室底板厚度为 350 mm, 独立基础高度为 700 ~ 800 mm。现主体结构已建成但未投入使用, 因改造功能需要拟在裙楼内部增加两层夹层结构(图 1), 基础荷载的增加幅度达 13%~170%, 为满足新的使用荷载条件, 需进行房屋基础加固处理。

1.1.2 基础加固方案选择

本工程拟增加荷载较大, 需采取加桩方案。既有建筑受限于施工空间等条件, 常用加固桩型有树根桩和锚杆静压桩。根据地勘资料, 裙楼地



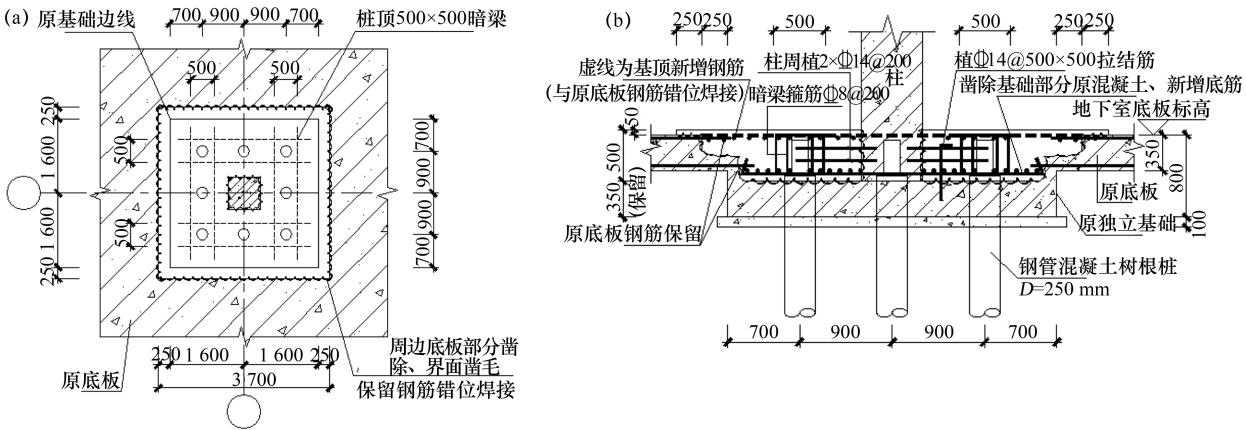
图 1 生产车间改扩建工程概况

下室基底分布土层为全风化板岩、强风化板岩、中风化板岩; 锚杆静压桩不适用于此类岩层地质, 因此小型钻孔工艺的树根桩是少有的可行选择。

按照“在既有建筑原基础内增加桩时, 宜按新增加的全部荷载, 由新增加的桩承担进行承载力计算”的原则。设计对地基承载力不足且相差较大的柱下独立基础, 采取增设钢管混凝土树根桩并部分凿除原基础、加强配筋的复合基础加固方案, 如图 2 所示。

1.1.3 工程应用特点与计算

(1) 工程加固设计计算考虑了新增桩基承载力大于改造新增加的荷载、且大于改造后全部荷载与已建主体恒荷载的差值。设计采用桩径为 250 mm 的钢管混凝土树根桩, 单桩竖向抗压承载力特征值 R_a 取 400 kN, 要求桩长不小于 11 m(入中风化板岩大于 0.5 m 或入强风化板岩 8 m), 在柱下原独立基础范围内新增 4~12 个树根桩加固。



(a) 复合承台加固平面; (b) 复合承台加固剖面

图 2 独立基础新增树根桩复合承台加固

注: D 为桩径, mm。

mm

(2) 工程基础加固位于地下负二层, 为避免底板防水破坏和施工时返水等情况, 设计在要求采取降水措施的同时, 考虑不凿穿底板、通过在原独基范围凿除部分厚度混凝土、新增钢筋、用 C60 灌浆料加固形成复合基础承台。

(3) 基础承台计算包括 3 部分: 1) 施工阶段不利工况(基础凿除至最大厚度时)的基础抗冲切力验算; 2) 按独基形式进行加固后基础的总抗剪力、总抗冲切力验算; 3) 对新加固浇筑混凝土部分按桩基承台形式进行计算配筋。

1.2 填土地带砌体结构基础加固

1.2.1 工程实例

某县安置新村居民建筑群加固工程, 建筑场地位于水库填土区, 软弱填土深度为 0.3 ~ 13 m、残积土层深度为 0 ~ 2 m、其下为强 ~ 中风化板岩; 2009 年场地整平后随即打桩建房, 均为 2 ~ 4 层砖混结构(图 3), 大多数采用预应力混凝土预制管桩和洛阳铲灌注桩、混凝土承台梁基础, 2015 ~ 2017 年陆续有 50 余栋房屋出现不同程度墙体开裂、地面下沉开裂等现象。根据检测报告, 墙体裂缝最宽处超过 10 mm, 部分房屋已处于局部危房状态。根据鉴定分析, 房屋裂缝的原因主要是由于地下填土层较厚且厚度很不均匀, 填土当年即完成建房(建房时回填土未进行夯实, 未进行桩基检测; 建房后周边未采用有组织排水措施、雨水下渗), 填土固结下沉形成空洞, 摩擦型桩在填土负摩擦力作用下, 桩基出现沉降, 桩间差异沉



图 3 居民建筑群加固工程概况

降导致上部结构开裂。

1.2.2 基础加固方案

经安全经济可行性分析比较, 加固设计主要采用在原房屋裂缝房间四周墙下基础梁内侧设置钢筋混凝土整板, 与地梁连成一体, 在板中设钢管混凝土树根桩、注浆或预留孔; 混凝土整板板厚 300 mm、C30 混凝土, 通过原梁凿毛界面与植筋的方法连接传力, 沿房间四周纵、横两个方向在桩顶设置暗梁, 如图 4 所示。对于房屋楼梯间的沉降裂缝墙体基础, 楼梯下施工受限时则在外侧设树根桩、承台梁来挑抬墙下地梁加固。

1.2.3 工程应用特点与计算

(1) 采用二次注浆树根桩及钢筋混凝土整板加固方案, 既能实现直接传力分担上部荷载, 又可加固软弱土体改善土性(可提高原桩和地基承载力), 同时提高房屋地基基础的整体性。

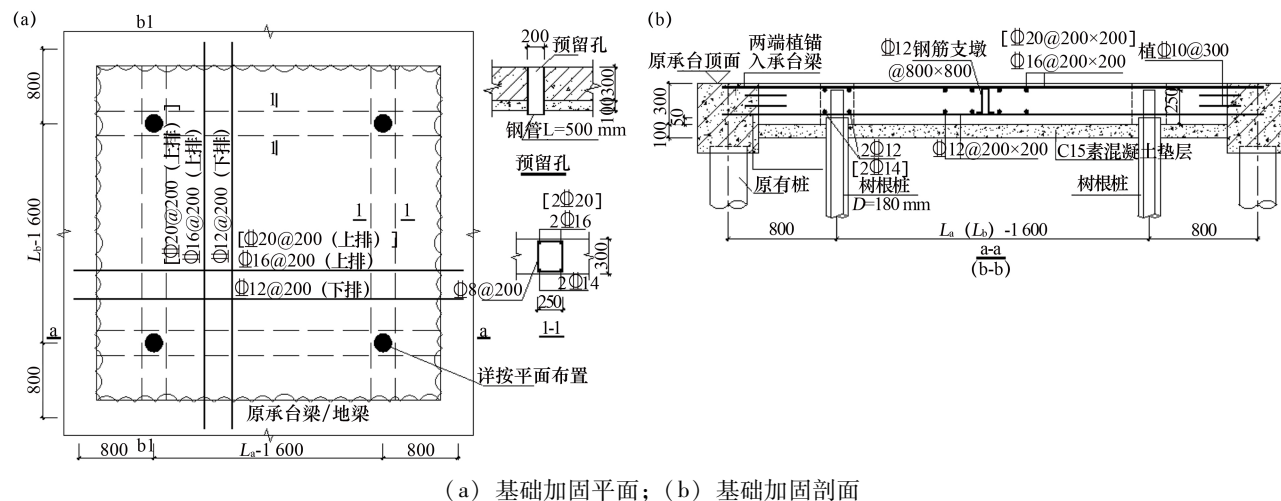


图 4 新增树根桩及整板基础加固

注: L_a 、 L_b 为原地梁跨距, mm; L 为长度, mm; d 为钢筋直径, mm。

(2) 混凝土整板按墙传下的线荷载作用下四边带悬挑的简支板计算, 并进一步偏安全地近似按线荷载作用下的两边带悬挑的简支板进行了计算。

(3) 根据墙体裂缝情况及荷载作用计算的需要, 合理布置树根桩以及预留孔。对未出现开裂或裂缝轻微侧设预留孔或注浆, 如日后局部裂缝仍有发展情况, 还可通过预留孔位再施工树根桩加固, 充分考虑了大批量实施的经济性和可操作性。

1.3 高层桩基基础加固

1.3.1 工程实例

怀化市某小区高层住宅楼加固工程, 该建筑为地下 1 层 + 地上 11 层剪力墙结构(图 5), 原设计基础采用端承摩擦桩基础, 桩端持力层为中风化砂岩。根据地勘报告, 原场地为山坡, 房屋东侧区域原为坡谷, 回填土厚度达 17 ~ 30 m。在使用过程中, 主体沉降监测发现沉降异常现象。根据岩土补充勘察报告和结构检测鉴定报告, 房屋东侧单元出现倾斜及墙体开裂现象, 原因是部分桩基础施工桩长未达到设计持力层、厚填土层负摩阻力影响等, 使得房屋产生不均匀沉降。



图 5 高层住宅加固工程概况

1.3.2 基础加固方案

基于房屋目前倾斜值尚处于规范允许范围内, 考虑工程施工场地和层高限制、地下土层情况, 设计采取新增钢管混凝土树根桩 + 联合承台进行加固处理; 同时, 为使剪力墙竖向荷载更有效地传递至新加桩基承台上、并增强底部剪力墙承载力, 对承台顶 ~ 一层楼面板处剪力墙采取增大截面法加固, 如图 6 所示。基础加固完成且监测裂缝、沉降稳定后再继续上部结构加固和修复。

1.3.3 工程应用特点

(1) 该工程填土层很厚、未完成固结, 设计采用在原桩周新增树根桩加固, 通过二次注浆既可以

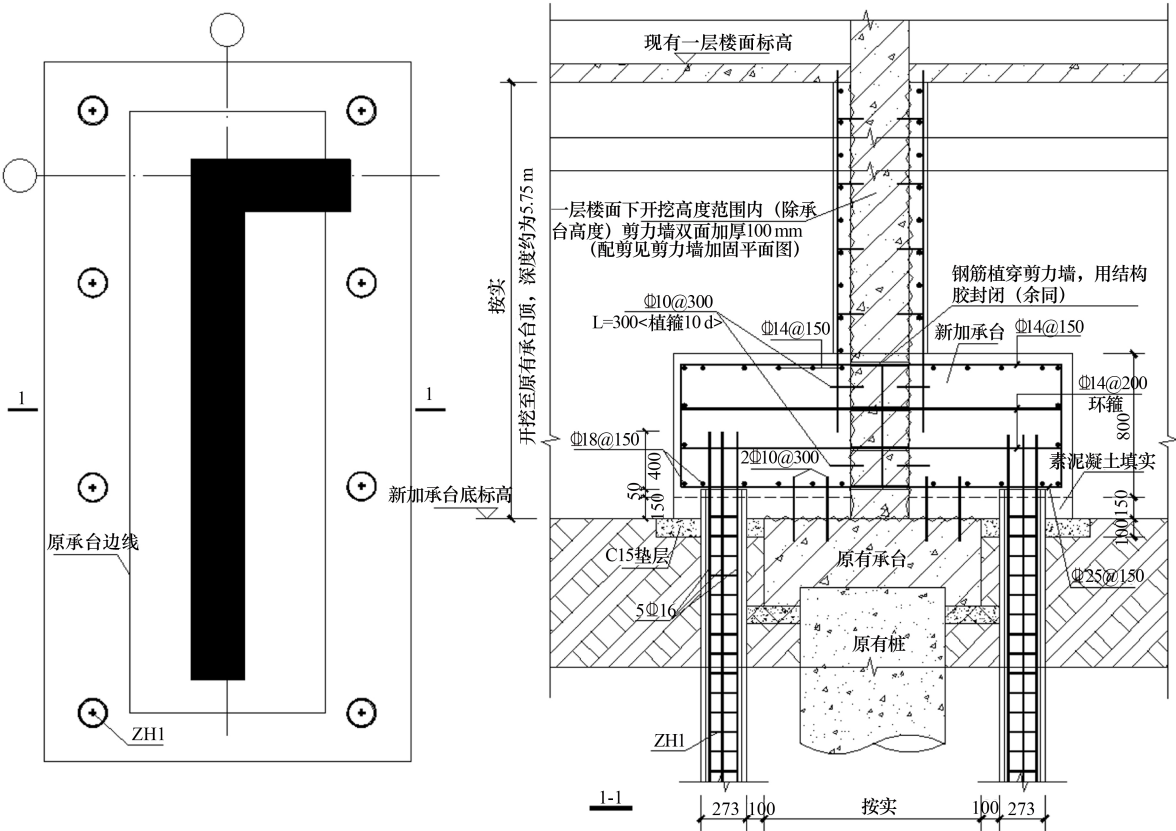


图 6 桩周新增树根桩及联合承台加固

mm

提高加固桩本身承载力,还可通过改善周边土性、一定程度地消除原桩侧负摩阻力甚至提高侧阻力,起到“事半功倍”、增加安全富余的作用。

(2)本工程厚填土层中下部有地下水,加固桩施工时泥浆护壁成孔困难、钻孔需全长下套管,新加桩的桩长达 30 m,因此设计采取了利用 D273 mm × 7 mm 钢质套管跟进成孔施工工艺,且钢管可起到替代钢筋笼的作用,桩内部只需构造配置钢筋;桩长超长时,桩身混凝土采用高强灌浆料以提高可靠性。

1.4 房屋纠偏加固

1.4.1 工程实例

岳阳市某居民楼加固工程,该建筑为地上 6 层底框结构(图 7),建于 2015 年,底部架空层层高为 2.4 m,原设计为筏板基础、水泥土搅拌桩复合地基,水泥土搅拌桩处理至粉质黏土层,单桩承载力特征值为 100 kN,地基加固处理后承载力特征值为 100 kN。根据鉴定报告,房屋垂直度检测相对偏差 Δ/H 最大处达 15.13‰,整体倾斜测量值(含装修误差)超过规范规定的允许值,部分架空层梁端部出现斜向裂缝,外地面与墙交界处开裂,部分墙体出现竖向斜向开裂情况等。



图 7 居民楼加固工程概况

根据补充勘察报告,该建筑场地位于洞庭湖冲击平原,钻探揭露地层:①素填土(平均层厚 1.85 m)、②可塑粉质黏土(3.85 m)、③软塑粉质黏土(7.17 m)、④可塑粉质黏土(2.61 m)、⑤粉砂(3.88 m)、⑥粗砂;现基础位于②可塑粉质黏土层上。据了解,现场修改了施工方案(地基土压实并加厚了筏板,但达不到原设计要求)。

1.4.2 基础加固方案

该工程以排危为首要并考虑纠偏需求,结合地质情况(基础持力层承载力不足、下卧软弱土层),先对北侧 F、G、E 轴架空层柱下基础四周采用树根桩加固,如图 8 所示;先将 G、F 轴加桩

通过新增承台与原筏板连接形成整体受力,阻止其继续沉降;中部 E 轴柱下加桩先不与原基础连接;对南侧 ABC 轴采取堆载加压法等,减小不均匀沉降差和倾斜;整体垂直度满足规范限值要求后再继续完成地基基础加固满足承载力要求。

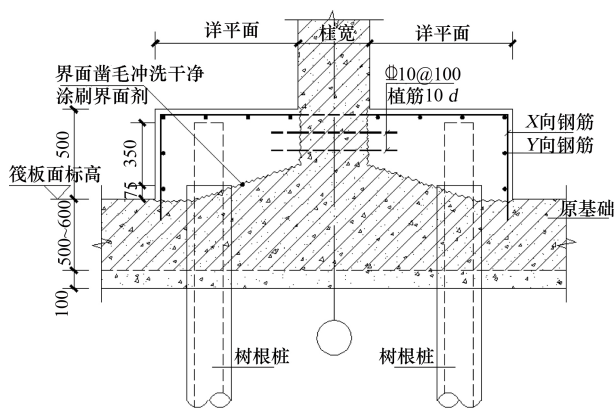


图 8 筏板基础加固

mm

1.4.3 工程应用特点

设计树根桩为直径 150 mm 的泥浆护壁成孔灌注桩(内置 75 mm × 4 mm 的后注浆钢导管,可等效替代竖向主筋),采取多次注浆工艺、满足规范后注浆灌注桩的要求,可较大幅度提高桩侧阻力和端阻力,使得桩长不用太长、实现经济性。同时,树根桩施工可改善周边土性,能在施工阶段限制房屋北侧和中部沉降,有利于以较小的代价实现纠偏和完成后续加固。

2 树根桩加固应用分析

2.1 应用优点

(1)树根桩施工所需场地空间小,高度仅 2.5 m 的空间也可施工;同时施工振动和噪声小,对周边建筑地基基础的不利影响小。对于既有建筑室内层高受限制和紧邻墙体施工时,是少有的可选加固方案。

(2)树根桩适用于淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土、碎石土、人工填土等多种不同岩土条件的地基加固,较锚杆静压桩等其他加固桩型具有更广的应用范围。

(3)树根桩的压力注浆工艺可使桩土紧密结合提高承载力(增强土层桩侧摩阻力可减少计算桩长),可改善周边土性指标、消除原基础桩周填土负摩阻力等。有需要时可由树根桩和改良后的桩间土

共同构成树根桩土复合地基、桩土复合挡土结构。

2.2 应用难点与不足

树根桩的施工工艺过程控制有一定技术要求,二次注浆实施效果和桩身混凝土强度是关键。对于部分地层潜在出现施工塌孔、串孔等现象时需采取特殊措施。

2.3 检验要求

(1) 每 3~6 根树根桩应留一组试块测定其抗压强度,试块取自成桩后的桩顶混凝土。

(2) 树根桩的竖向抗压承载力、水平承载力和抗拔承载力应通过基本试验、验收试验进行检验验证。对于既有建筑工程加固时,桩基试验条件常常受到空间条件限制,竖向静载试验可采用锚桩横梁反力装置(锚桩法)。

(3) 当加固设计计算中考虑树根桩二次注浆对土性的改善、对侧阻力的提高时,工程质量检验应进行注浆效果的评定,采取钻孔取样检测,注重注浆前后数据的比较。检验点设在树根桩(注浆)孔之间,检测数量取注浆孔数的 2%~5%。

3 结 语

本文通过几个不同类型既有建筑地基基础加

固的典型工程实例,详细介绍了树根桩加固技术在设计中的具体应用方案、与原结构的多种组合加固形式,分析了树根桩在不同工程加固中的应用特点、优缺点和适用性,可为广泛存在的类似工程的加固设计提供借鉴与参考。

参考文献:

- [1] 既有建筑地基基础加固技术规范:JGJ 123—2012 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [2] 孙训海,佟建兴,杨新辉,等. 微型桩在软土地基加固工程中的应用[J]. 岩土工程学报,2017,39(增刊2): 91-94.
- [3] 魏焕卫,李岩,孙剑平,等. 微型桩在某储煤仓基础加固中的应用[J]. 岩土工程学报,2011,33(增刊2): 384-387.
- [4] 陈专,耿立峰,陈乐球,等. 微型钢管砼树根桩在地基基础加固工程中的应用[J]. 化工矿产地质,2022, 44(4):364-368.
- [5] 傅鹏辉,贺可强,张朋,等. 新型微型桩群设计理论及抗滑机理研究[J]. 工程建设,2017,49(11):6-10;14.