树根桩的基础托换

魏霍霖[1]　林晓玲[2]　王元红[3]　张继华[2]　林　鹏[2]
（1 浙江建设职业技术学院，杭州，310012）（2 浙江省建筑科学设计研究院，杭州，310012）
（3 绍兴市工程建设监理公司，绍兴，312000）

提　要　文章结合工程实例，介绍树根桩的施工技术，阐述树根桩在加固纠偏中的承载性状、基础设计及施工要求。

一　概　述

树根桩实际上是一种 ϕ100～350 小直径钻孔灌注桩，30 年代由意大利 Fondedile 公司首创，以后在建筑工程基础托换中经常被使用。根据树根桩托换具有以下优点：①使用小型钻机，施工场地较小，因而对地基和墙身几乎不产生任何应力，不改变原有建筑物的平衡状态，也不影响建筑物的正常使用；②施工时噪音小，无振动，在地基沉降未稳定的情况下也可施工；③压力灌浆使桩的表面比较粗糙，与周围土体结合紧密，故单桩承载力比普通钻孔灌注桩高。因此，我们结合工程实际情况，对树根桩参数进行优化，使之在建筑物加固纠偏中发挥最佳的效果，从已应用的 12 项工程来看，均已取得了明显的社会经济效益。

二　施工特点

树根桩用于托换工程时，首先由地质钻孔机成孔，清洗置换孔内泥浆直到基本溢出清水为止。然后安放钢筋笼，投放粗骨料。最后进行压力注浆，注浆压力随桩长而定，一般为 500kPa 左右，注浆材料及配合比应按设计要求确定。

由于树根桩成桩后即可与基础连接，从而可减少建筑物的附加沉降。

三　承载力计算

我们对树根桩进行了静荷载试验，与普通的钻孔桩对比，在相同的沉降量的情况下，承载力提高了 20%～50%。

用树根桩进行托换时，桩刚施工完毕，因建筑物的沉降尚小，而不能承受多少荷载，随着建筑物的沉降慢慢增加，其承载能力逐渐发挥，直至达到承受设计要求的荷载。

对建筑物的地基进行加固纠偏设计时，首先对现场进行踏勘，观察裂缝的走向，进行

建筑物沉降及倾斜观测。浙江沿海地区有深厚的软土层，多层建筑下的地基若未进行处理，或只稍加处理，致使下卧承载力不足引起较大沉降，而建筑物的重心与行心不一致则引起倾斜。所以，应对地基承载力进行验算，以确定树根桩的数量。

1. 地基承载力验算

根据《建筑地基基础设计规范》（GBJ-89），按式 $P=(F+G)/A$ 进行持力层承载力 P 的验算（式中 F 为上部结构传至基础顶面的竖向力设计值；G 为基础自重设计值和基础上的土重标准值；A 为基础底面面积），一般此项验算均可满足；随后按式 $Pz+Pcz \leq fz$ 进行软弱下卧层验算（式中 Pz、Pcz 分别为在软弱下卧层顶面处附加压力设计值和土的自重压力标准值；fz 为软弱下卧层顶面处经深度修正后的地基承载力设计值），若 $Pz+pcz>fz$，则应将实际测量的沉降量及沉降速度同该值条件下理论计算的沉降量及速度作对比，然后进行设计。

2. 需增加承载力的计算

通过我们对 12 项工程对比资料的回归分析，得出需增加承载力 R 的计算公式。

$$R=NF' \tag{1}$$

式中 N=0.3～0.5，为无量纲经验系数（沉降速度大时取大值，否则，取小值）；F' 为建筑物总荷载。根据建筑物的平面形状、受力特征和地质状况，布置树根桩的数量和桩长。

3. 桩的承载力计算

树根桩的单桩承载力 P 按下式得出

$$P=\pi DLKQ_S \tag{2}$$

式中 D 为桩径；L 为桩长；K 为压浆比的经验系数；Q_S 为地质资料提供的桩周摩擦系数。为了评价注（压）浆量 G_C 对 K 值亦即对承载力增幅的影响，可利用下式：

$$K=G_C/L \tag{3}$$

对压浆与非压浆的单桩承载力比 δ 进行回归，在 80%置信度条件下得如下关系：

对淤泥 $\delta=1.18+5.14K$ (4)

对粘土及粉土 $\delta=1.18+6.7K$ (5)

由式(4)、(5)可见，单桩承载力增幅随压浆比值 K 呈线性增大，对于一定桩径、桩长和一定土性而言，承载力增幅与压降量 G_C 成正比。为简化计算，K 值一般取 120%～150%。

4. 桩位布置

树根桩根数 N 为：$N=R/P$ (6)

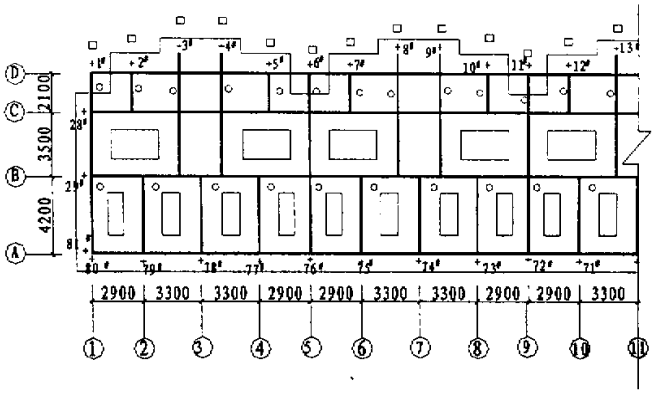
布桩时基本按地基变形来设计，即变形大时需桩数多。

四　工程实例

1. 实例

某市南都花园9#楼，长 60m×宽 10.8m，系 7 层砖混结构，底层为车库，基础平面如图 1。该工程于 1996 年 10 月竣工，并交付使用。树根桩托换前最大倾斜率大于 7‰，沉降速率达 0.21mm/d,未达到稳定阶段。从现场查勘的情况分析：

该建筑物建造在 1.5m 左右的粉质粘土上，其下卧层为高压缩性淤泥，层厚大于 10m，孔隙比 e=1.639，含水量 w=56.8%，地基采用水泥搅拌桩复合地基处理（单排桩施工），



注：+表示树根桩， ○ 表示斜孔位置。

图 1 基础加固平面图

其承载力不能满足上部荷载的要求。

从沉降观测资料分析，该地基未达到相对稳定阶段。根据软土地基固结时间较长这一特性，短期内不会达到稳定状态，故应对建筑物进行加固纠偏处理。

该建筑物未发现结构性裂缝，故认为其整体刚性较好，地基加固后能满足正常使用。

2. 加固方案

(1)由于地基持力层太薄，建筑物重心与形心不一致，下卧层压缩变形过大而造成不均匀沉降，从而导致一定程度上影响正常使用。经综合分析计算后，决定采用 81 根树根桩进入持力层⑧-1 号±0.5 米进行加固，设计单桩承载力 250kN。

(2)首先，在沉降大的一边进行树根桩施工，以达到加固稳定的目的；在沉降小的一边进行钻打斜孔、取土、抽水，以达到纠偏的目的。

(3)施工全过程进行沉降、倾斜观测，以检验建筑纠偏的效果。

3. 施工控制

(1)树根桩先在建筑物南侧（沉降量大）进行施工，完成后及时进行封桩、接梁，从而有效控制了建筑物南侧沉降。

(2)南侧加固完毕后，在建筑物北侧进行钻打斜孔、抽水。根据回倾速率调整施工顺序进行复打斜孔取土。

(3)当建筑物倾斜率回复至 4‰以内时纠偏工作即停止，然后进行树根桩加固施工直至全部结束。

4. 注意事项

(1)树根桩注浆时，要有一定的水泥浆外溢。

(2)桩头 1 米处用混凝土浇灌。

(3)接梁时，钢筋要严格按照规范要求进行焊接。

(4)在纠偏过程中，严格控制取土量及打斜孔孔深，做到实时控制，随时调整修正方案。

综上所述，树根桩在某些地质条件下，如深厚软土地基中进行加固纠偏比目前国内常

用的掏土、纠偏、沉井掏土纠偏、静压锚杆桩综合掏土纠偏、顶升后用预制桩加固、高压注浆加固、高压旋喷加固、对原刚性桩进行截桩处理等纠偏更为安全可靠，而且经济上比沉井纠偏节约资金 50%以上，并且只需压力注浆不需拌制和浇灌混凝土，因而可缩短工期，只需打斜孔取土，不必挖沉井掏土，从而不致影响周边建筑物的沉降等。因此树根桩托换不失为纠偏加固的一种有效方法。