

# 树根桩在地基加固和托换技术上的应用

摘 要： 树根桩是一种小型钻孔灌注桩，直径为 13~30 厘米，桩长 5~25 米。它是利用小型钻机按设计直径，钻进至设计深度，然后放入钢筋笼，同时放入灌浆管，注入水泥浆或水泥砂浆，结合碎石骨料成桩。树根桩可以根据需要，做成垂直的，也可以是倾斜的，可以是单根的，也可以是成束的，可以是端承桩，也可以是摩擦桩。

关键词： 树根桩 地基加固 托换

## 一、简介

树根桩是一种小型钻孔灌注桩，直径为 13~30 厘米，桩长 5~25 米。它是利用小型钻机按设计直径，钻进至设计深度，然后放入钢筋笼，同时放入灌浆管，注入水泥浆或水泥砂浆，结合碎石骨料成桩。树根桩可以根据需要，做成垂直的，也可以是倾斜的，可以是单根的，也可以是成束的，可以是端承桩，也可以是摩擦桩。

树根桩于三十年代初起源于意大利，近年来有很大发展，它很适于荷载小而分散的中小型工业与民用建筑。它不仅可用于新建工程的地基处理，也可用于现有工程的基础托换，特别是对于场地狭窄，净空低矮的工程现场，其优点尤为突出。树根桩不仅可以承受压力，也可用以承受拉力或拉压交替的荷载。一束不同方向的小桩便可称为树根桩。我国从八十年代初开始研究应用树根桩于古建筑和现代建筑物的地基加固工程中，用该技术为苏州虎丘塔地基加固获得成功。我公司于 1987 年在黄埔发电厂首次应用树根桩加固切换井基础获得成功；1988 年在黄埔开发区作了两根试验桩，取得了较理想的试验结果，之后广泛应用于软土地基加固和基础托换工程中。

## 二、树根桩的应用范围

- 1.建筑物需要加层（或上部增加荷载），地基和基础承载力不足时；
- 2.由于地质勘察、设计和施工原因，建筑物建成后，发生不均匀沉降；
- 3.由于市政工程，如地铁或隧道通过建筑物下面地基土层时，为防止建筑物的不均匀沉降；
- 4.古建筑的地基基础加固；
- 5.对岩石和土体边坡稳定加固等。

## 三、树根桩托换的优点

- 1.所需施工场地较小，一般平面尺寸 0.6M×1.8M，净空高度 2.2M 就能施工；
- 2.施工时噪音小，振动小，对已损坏需托换的建筑物比较安全；
- 3.所有操作都可在地面上进行，比较方便；
- 4.压力灌浆使树根桩与地基土紧密结合，桩和承台联结成一体；
- 5.桩径很小，因而施工对承台和地基土几乎不产生扰动；
- 6.可在各种类型的土中制作树根桩。

四、树根桩的设计 1.树根桩作为支承桩时，单桩承载力可采用下述方法确定：

①单桩荷载试验；

②参考同类工程资料；

③按摩擦桩设计： $R_{kd} = \sum q_{li} \cdot U_p / K$  式中： $R_{kd}$  —— 单桩容许承载力（KN）；

$U_p$  —— 桩周长（m）；

$q_i$  —— 第 i 层土的极限摩阻力（KPa）；

$l_i$  —— 第 i 层土中的桩长（m）；

$K$  —— 安全系数，一般可取 2.2.设计树根桩桩身强度时，桩身混凝土轴心抗压强度应满足下式要求： $R_{kd} / A_p \leq 250 f_{cu}$

u, k 式中： $R_{kd}$  —— 单桩容许承载力（KN）

$A_p$  —— 桩身截面积（m<sup>2</sup>）

$f_{cu}$ , k —— 边长为 15cm 的桩身混凝土标准抗压强度（MPa）。桩身混凝土标号应不小于 C15 级。

3. 树根桩采用的碎石骨料粒径宜在 10~25mm 范围内，钢筋笼外径宜小于设计桩径 40~60mm.对作为支承桩的树根桩，宜注水泥砂浆，配比为：水：水泥：砂=0.5：1.0：0.3（重量比），砂粒粒径不宜大于 0.5mm.树根桩成桩时可根据需要掺入适量的早强剂和减水剂。

## 五、树根桩的施工工艺

### 1.成孔

树根桩的成孔，一般是采用小型钻机钻孔，采用水或泥浆作为循环冷却钻头和除渣手段。同时循环水在钻进过程中，水和泥土搅拌混合在一起亦变成泥浆状。有时为了提高树根桩的承载力，多采用正循环方法，当遇到较硬土层时，换上水力扩孔钻头，以达到扩孔目的。在饱和软土层钻进时，经常遇到流砂层，钻进时，进尺速度要慢，依靠岩心管在流砂层表面磨动旋转，加上孔内泥浆，使其孔壁表面形成泥皮，以达到护孔目的。表土层松散时，用套管护孔，套管口一般高出地面 10 厘米。钻至设计标高时，进行清孔，到溢出较清的水为止。

### 2.钢筋笼的制作

钢筋笼根据设计荷载确定其含钢量，每段钢筋笼的长度可以视现场条件和机具的吊放能力而定，一般每节长 5~6 米，钢筋笼的接头采用绑扎或焊接均可，其搭接长度应符合规范要求。由于树根桩的直径均较小，故钢筋的混凝土保护层 1.5~2.0 厘米，对于特殊要求另作处理。

### 3.灌浆管的制作

灌浆管的制作，当考虑拔出时，接头处采用外缩节，使外管壁光滑，容易从砂浆（或混凝土）中拔出。为防止泥浆进入管内，需在管底口用黑胶布或聚乙烯胶布封住，在管底口以上 1.0 米范围做成花管形状，其孔眼直径 0.8 厘米，纵向间距 10 厘米，竖向四排，灌浆管一般放在钢筋笼内，一起放到钻孔内。

### 4.灌浆成孔

在钢筋笼和灌浆管沉入钻孔之后，压入水泥砂浆，灌浆管在灌注过程中，一般要埋入水泥浆中 2~3 米，以保证桩体的质量。灌浆后，立即投入碎石（5~25 厘米），用钢筋插捣，使骨料均匀分布于桩身。

灌浆技术参数：

①水灰比  $w/c=0.4\sim0.5$

②灌浆压力  $P=0.3\sim0.5\text{MPa}$

③减水剂掺量 0.4（3%）

④中砂 30%⑤碎石

## 六、工程实例

### 1.珠海市政管理处拱北污水处理厂初沉池地基基础加固工程

该沉淀池于 1985 年进行沉管灌注桩（ $\Phi 480$ ）桩基施工，单桩承载力 45T，验桩 4 条，其中一条不合格，不能满足设计要求。根据场地地质情况，结合施工现场情况，经验证采用树根桩技术进行基础加固。根据设计院提供加固荷载，每个桩基础增加承载力 1/4，树根桩承载力按摩擦桩来考虑。通过计算，在原基础上补加 140 条树根桩，单桩承载力 12T，桩径  $\Phi 150$ ，桩身砼标号 C23 级，主筋选用 4 $\Phi 12$ ，箍筋为  $\Phi 6@250$ ，桩身入残积土 1.5 米，桩长平均 13 米。

该工程于 1992 年 7 月至 9 月上旬进行施工。施工完成后，由中国建研院珠海科研设计部进行单桩垂直静荷载试验，检测结果，极限承载力均大于 240KN，容许承载力取为 120KN，安全系数大于 2.另回弹系数为 50%左右，表明桩身质量较好。工程竣工后，获得了建设单位及设计单位的好评。

### 2.广州一六层框架结构宿舍楼树根桩基础托换工程

该宿舍楼原设计为五层框架结构，基础采用打桩及独立柱基础。在施工过程中进行加层，结果发现建筑物出现不均匀沉降，沉降量达十几厘米。根据此情况，采用树根桩进行基础托换，每个桩基设四条树根桩，桩径  $\Phi 150$ ，桩长 8 米。该工程于 1992 年 11~12 月施工，施工后，建筑物沉降稳定。

### 3.中山市外经贸原水出宿舍楼（六层）基础加固工程

该宿舍楼建于 1983 年，为六层框架结构，基础采用片筏基础，建成后出现不均匀沉降，房屋向一侧倾斜。工程竣工后，为稳定建筑物，在另一侧增加了阳台，以达到两侧力的平衡，结果房屋又向增加荷载的一侧倾斜。为此，中山市外经委委托我方进行基础加固。在发生沉降的两侧设置树根桩，在沉降量大的一侧，树根桩起竖向支撑作用，在另一侧，树根桩起抗拔作用。树根桩与旧基础进行连接，钢筋接头满足规范要求。该地层软土层较厚，淤泥层厚度达 8 米，树根桩桩长为 20 米。施工在室内进行，净空高度只有 2.5 米，施工难度很大。该工程于 1994 年 12 月竣工，经观测，建筑物处于稳定状态。