

# 地基处理中的托换技术及应用

谢婉丽, 张林洪, 阮 莉

(昆明理工大学 电力工程学院, 云南 昆明 650051)

**摘要:** 简要介绍了目前地基处理工程中的托换方法, 以及这些方法的原理、适用范围、特点及应用中的一些实例。

**关键词:** 托换方法; 地基加固; 实例

**中图分类号:** TU472

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-855X(2001)02-077-03

## 0 引言

托换技术的起源可以追溯到古代, 但是托换技术直到本世纪30年代兴建美国纽约市的地下铁道时才得到迅速发展. 近年来世界上大型和深埋的结构物和地下铁道的大量施工, 尤其是古建筑的基础加固数量繁多, 有时对现有建筑物还需进行改建、加层或加大使用荷载时以及事故建筑物处理都需要采用托换技术. 所以, 当前所托换的工程数量日益增多, 托换技术也有了飞跃的发展. 托换工程不但需要应用各种地基处理技术, 同时需要善于巧妙和灵活地综合选用这些技术. 本文仅以托换方法进行简要介绍.

从实际工程对托换的要求不同, 托换技术可分为三种不同的类型<sup>[1]</sup>: 补救性托换、预防性托换和维持性托换, 其中常用的主要是补救性托换和预防性托换. 补救性托换即是指建筑物的加固、基础改建、建筑物的加层、扩建等; 预防性托换是指受修建地下工程或深基坑开挖影响对原有建筑物地基处理和加固. 根据这两大目的, 相应的托换方法有如下几种:

### 1 桩式托换法

桩式托换法<sup>[2]</sup>是将基础及其上荷载部分或全部转移到桩上的方法, 适用于软弱粘土、松散砂土、饱和黄土、湿陷性黄土、素填土和杂填土地基. 桩式托换是包括所有采用桩的形式进行托换的方法的总称, 因而内容十分广泛, 以下着重介绍: 坑式静压桩托换、锚杆静压桩托换、灌注桩托换、树根桩托换.

#### 1.1 坑式静压托换桩

坑式静压桩托换是由坑式托换发展而来, 坑式托换又称墩式托换, 它是直接在托换建筑物的地基下挖坑后浇筑混凝土的托换加固方法. 但是坑式托换法只能限于地下水位较低的情形, 因其不能解决施工中地下水位以下开挖会产生土的流失问题. 因此, 目前都采用坑式静压桩托换来取而代之. 其方法是将30~40 cm直径的钢管(或预制桩)从坑底利用液压千斤顶将其压入下部土中, 清除管中土, 然后灌注混凝土. 如钢管较长, 可采用分段压入, 然后焊接. 坑式静压桩的单桩承载力可由千斤顶荷载的反力确定. 另一静压方式是采用建筑自重压入. 坑式静压的施工方法其第一步的坑开挖同坑式托换的开挖方式. 即在柱基或墙基下仔细开挖支护导坑壁, 一般为1.2 m × 0.9 m面积的导坑, 深度为低于基础底面1.5 m, 并横向扩展到直接的基础下面. 第二步是按设计桩所需承受的荷载, 将30~40 cm的钢管用设置于基础底面的液压千斤顶压入土层中. 通常将钢管截成约1.2 m长若干段, 在钢管间连接处设特制套筒接头或焊接. 第三步是清除管中土, 可用射水和吸泥办法. 最后是灌注混凝土成桩.

**实例:** 昆明市某医院住院部原为五层, 因其床位有限需加高至七层, 为此设计在原有条形基础上开挖1.5 m深、1.2 m宽穿过条形基础的坑. 先预浇混凝土承台, 在承台两端预留静压桩孔, 施工时从坑中把预浇承台安装固定在条形基础下, 承台两端利用建筑物作反力同步压入断面为20 cm × 20 cm的混凝土预制桩, 桩长1.5 m, 采用环氧砂浆接桩.

**收稿日期:** 2000-12-06; **基金项目:** 云南省科委自然科学基金项目(项目编号: 98E048M).

**第一作者简介:** 谢婉丽(1974.9~), 女, 工学硕士, 助工; 主要研究方向: 岩土工程.

## 1.2 锚杆静压桩托换

锚杆静压桩托换是通过在基础上埋设锚杆固定压桩架,以建筑物所能发挥的自重荷载作为压桩反力,用千斤顶将桩段从基础中预留或开凿的压桩孔内逐段压入土中,再将桩与基础连结在一起,从而达到提高基础承载力和控制沉降的目的.锚杆静压桩是锚杆和静力压桩结合形成的一种桩基工艺,其组成的两大部分为抗拔锚杆和静压桩.抗拔锚杆通常是用环氧砂浆做粘合剂,并埋设于已钻好孔的钢筋混凝土基础孔中,锚杆埋深为 $10d$ ( $d$ 为锚杆直径).静压桩压入土中,是利用桩要克服土体对桩的侧压力和端阻力,在桩周一定范围内出现重塑区,土的粘聚力被破坏,土中超空隙水压力增大,土的抗剪强度降低,其侧阻力明显减小这一过程.但是压桩完成后,随着时间推移,超空隙水压力逐渐消失,土的结构强度得到恢复,抗剪强度随之提高,侧阻力也将重新增大,桩的承载力也将发挥作用.

锚杆静压桩的施工机具轻便灵活、施工方便、作业面小、可在室内施工、无振动、无噪音、无污染、施工时不停产和不搬迁等优点.它适用于粉土、粘性土、人工填土、淤泥质土、黄土等地基的基础托换工程或新建多层建筑、中小型构筑物 and 厂房的地基处理.它特别适用于:①地基不均匀沉降引起上部结构开裂或倾斜;②建筑物的加层或厂房扩大;③在密集建筑群中或在精密仪器车间附近建造多层建筑物;④新建建筑物需采用桩基,但不具有单独的打桩工期.

实例:云南大理某新建六层居民住宅楼,在修建到第五层时,发现加速沉降,北边沉降速度大于南边沉降速度,原基础为筏形基础,研究采用锚杆静压桩进行加固.在原筏基上开下大上小的锥形孔,开孔时原筏基钢筋从中间断开,其余地方留住,压桩反力锚杆在筏基上开孔用环氧砂浆固定.桩长2 m,采用环氧砂浆接桩,桩的压入深度以千斤顶油压表指示,压入力为23 t时停止压入,把露出的多余桩头打掉后留下桩的钢筋与筏基钢筋焊接在一起后用混凝土封孔.压桩顺序为先北后南,使建筑物的不均匀沉降得到部分纠正.

## 1.3 灌注桩托换

灌注桩托换法是在原有建筑物基础两边钻孔灌注混凝土桩,并通过新设置的承台将原建筑物的柱或墙与之联接,使荷载转移到新的灌注桩上的方法.其有以下优点:①可适用于压入桩托换时桩管必须穿过存在障碍物的地层;②能适用于建筑物较轻及上部结构条件较差不能提供合适的千斤顶反力造成压入桩托换不适宜的情形;③适用于桩设置较深的情形;④施工时对被托换的建筑物和邻近建筑物都无重大影响(如有影响时可采用静压静拔的施工方法,但须提高混凝土的塌落度).

灌注桩式托换法的施工与普通灌注桩施工无甚大差别,只是要做好承台与原有建筑物桩的联接,使传力可靠.国外已采用一种新型的压胀式灌注桩进行基础托换.其桩杆由铁皮折叠制成,使用时靠压力灌浆而胀开.此种桩施工前要进行钻孔,然后放入桩杆.当为浅层处理时,用气压将桩杆胀开,并截去外露端头后浇灌混凝土而成桩.当为深层处理时,则采用压力灌浆设备和导管,将桩杆胀开同时压入水泥浆而成桩.

## 1.4 树根桩托换

树根桩是30年代由意大利Fondedile公司的F. Lizzi首创.树根桩托换法实际是灌注桩托换的另一种类型,是在地基中设置直径约为100~300 mm的小直径就地钻孔灌注桩.在托换工程中根据需要进行,树根桩可以是垂直的或倾斜的;也可以是单根的或成排的,由于它所形成的桩基形状如“树根”而得名.树根桩通常使用于事后加固的托换工程中,它的问世使托换技术有了很大的改观.

树根桩施工时的主要步骤为:首先在钢套管(也可不带套管,视地层而定)的导向下用旋转法钻进,钻孔直径一般为100~300 mm,穿过原有建筑物的基础进入地基土中至实际标高.然后清孔放下钢筋,钢筋数量可为每孔一根到数根,视桩孔直径而定.然后用压力灌注水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土,应边灌、边振、边拔管直至成桩.

树根桩托换的优点为:所需施工场地较小,施工时噪音和振动小,不会对既有建筑物的稳定带来危害;所有施工都可以在地面上进行,较为方便;施工时桩孔很小,因而对基础和地基几乎都不产生应力,也不干扰建筑物的正常使用;压力灌浆使桩的外表面较为粗糙,从而使桩与地基土紧密结合,使桩、承台和墙联成一个整体;适用于碎石土、砂土、粉土和粘性土等各种不同的地基土质条件;竣工后的加固体不会损伤原有的建筑物的外貌,这对修复古建筑尤为重要.但树根桩托换有其自身的特点应引起注意,即用树根桩托换

时,可认为在施工时是不起作用的.只是在施工完成后,树根桩随建筑物沉降发生的过程而逐步承担建筑物荷载.

应用树根桩对修建地下铁道的托换、古建筑托换加固、建筑物的加层、稳定岩石及土质边坡、整治滑坡、加固挡土墙等都有广泛使用;而且,树根桩尚可对土坡的稳定进行加固,也有采用网状结构树根桩整治滑坡和利用树根桩对挡土墙起锚住的加固作用.

实例:云南某索道塔受滑坡影响,该索道塔承台建在残坡积层下部,残坡积层下部为强风化页岩,采用树根桩进行加固,施工时从原承台上用地质钻钻130 mm的钻孔,每孔中放置3根20 mm钢筋,采用水泥砂浆灌注,用承台上的钻孔打毛后用微膨胀混凝土封孔.

## 2 灌浆托换法

灌注托换法<sup>[3]</sup>是用气压或液压将各种无机或有机化学浆液注入地层中,浆液以填充和渗透等方式排出地层中的水和空气,使地基土固化,起到提高地基土的强度、消除湿陷性或防渗堵漏作用的一种加固方法.在各类土木工程中进行灌浆处理已有百余年历史.

灌浆材料有粒状浆材如水泥浆、粘土浆等,以及化学浆材如硅酸钠、氢氧化钠、环氧树脂、丙烯酰胺等.灌浆托换属于原位处理,施工较为简单,能迅速硬化,加固体强度高,一般情况下可以实现不停产加固.但是,灌浆托换因浆材价格多数较高,通常仅限于浅层加固处理,加固深度常为3~5 m.加固深度超过5 m以上时,往往是不经济的,应与其他托换法进行技术经济比较后,再决定是否采用.70年代又从国外引进了高压喷射注浆法,加固深度可达30~40 m,近年来应用日渐增多.也可利用注浆法加固较大直径混凝土桩的极限,如昆明某环城高架桥,通过抽芯检查发现个别桩段砂浆不饱满,采用注浆法进行处理后,再抽芯检查发现不饱满问题得到解决.

## 3 基础加固法

基础加固法适用于对建筑物基础支撑能力不足的既有建筑物的基础加固.针对基础的各种不足或受到人为破坏,可分别作如下加固处理:

- 1) 当既有建筑物需要加层或基础需要加固,而地基不能满足变形和强度要求时,可采用坑式托换法增大基础的埋置深度,使基础支承在较好的土层上;
- 2) 当基础由于机械损伤,不均匀沉降或冻胀等原因引起开裂和破坏时,可采用灌浆法加固基础;
- 3) 当既有建筑物的基础出现裂缝或基础底面积不足时,可用混凝土或钢筋混凝土套加大基础;
- 4) 当对地基或基础进行局部或单独加固不能满足要求时,可将原单独基础或条形基础连成整体式的片筏基础,或将原片筏基础改成具有较大刚度的箱形基础,也可设置结构连体构成组合结构,以增加结构刚度,克服不均匀沉降.

托换技术是一项高度综合性的技术,要用到各种各样的地基处理技术,因此在工程中要善于结合实际情况巧妙灵活地组合选用这些方法.

### 参考文献:

- [1] 叶书麟,汪益基,等.基础托换技术[M].北京:中国铁道出版社,1991.1~8.
- [2] 叶书麟,韩杰,叶观宝.地基处理与托换技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1994.565~603.
- [3] 地基处理手册编委.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1988.554~559.

## Underpinning of Foundation and Its Application

XIE Wan-li ZHANG Lin-hong RUAN Li

(The Faculty of Electric Power Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China)

**Abstract:** This paper introduces popular methods, principles, ranges and features of underpinning of foundation. Then some cases are given.

**Key words:** underpinning; foundation improvement; case