

扩底桩的发展与应用

49-51, 64 (14) 马智杰

穆慧敏

TU473.14

(河海大学岩土工程研究所 南京 210098) (铁道部科学研究院 北京 100081)

摘要 综合介绍各种扩底桩的成孔机理、施工工艺以及在典型工程中的应用。认为扩底桩是一种高承载力、廉价的新型灌注桩,它可以充分发挥持力层的潜力,提高单桩的承载力,降低工程造价。

关键词 灌注桩 扩底桩 扩孔器 胀扩体

灌注桩是一种历史悠久,应用广泛的桩基形式,根据其施工的方法不同,又可分为挤土式灌注桩(如沉管灌注桩、静压灌注桩)、非挤土式灌注桩(如钻孔灌注桩、人工挖孔灌注桩)。在成桩质量方面,由于普通灌注桩依靠混凝土自重成桩,易发生断桩、缩颈、夹渣、孔底虚土等问题,导致承载力不足,沉降过大。扩底桩是在灌注桩基础上发展起来的一种新桩型,通过压力或机械的方式在桩底形成一个扩大头,增大有效承载面积,从而提高桩端承载力,使扩底桩成为以桩端支承为主,桩周侧摩阻力为辅的桩型。在同样桩长的情况下,可大大提高其承载力。根据扩底桩形成底部扩大头的方法不同,又可分为夯扩桩、静压扩底桩、机械扩底桩、人工挖孔扩底桩、压力注浆扩底桩、爆炸扩底桩和胀扩体扩底桩。

1 不同类型的扩底桩

1.1 夯扩桩

1.1.1 成桩机理

夯扩桩是在沉管灌注桩的基础上发展而成的一种扩底桩。夯扩桩在成桩过程中,被动土体受强烈夯击、振动和挤压,使桩土体系得到较大改善,桩端和桩侧被动土体压密,提

高了桩端和桩侧阻力,对于易液化土体,在振动挤压作用下能增加密实度,提高强度,不同程度地提高了易液化土体的抗液化能力。由于夯扩作用,桩端扩大,承载面积相对增加,提高了桩基的承载力。在成桩时,通过高频激振,对所灌注的桩身混凝土产生较强的振捣作用,提高了混凝土的密实度。通过内夯管对所灌注的桩身混凝土提供灌注压力,消除了普通沉管灌注桩易发生的断桩、缩颈、夹渣等问题。

1.1.2 施工设备及工艺

夯扩桩是利用一般施打沉管灌注桩的中小型柴油打桩机,增加一根内夯管,机架经改装增加拔管能力的机械设备来施打的。其施工工艺如下:

a. 将外钢模管夯到设计标高,在管内灌注扩底混凝土至图1中 H 高度,然后放入内夯管。

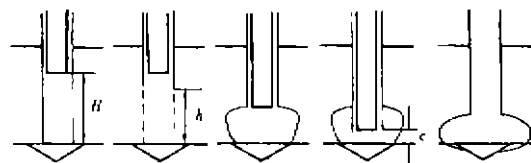


图1 夯扩桩施工示意图

第一作者简介:马智杰,男,硕士研究生,助理工程师,从事地基处理新技术研究,曾发表《加筋土挡墙的设计计算及在深基坑支护中的应用》等论文。

b. 将外钢模管提至图 1 中 h 高度, 利用内夯管和柴油打桩锤的重量对混凝土进行加压, 强大的锤击力通过内夯管直接传给桩端部混凝土和地基土, 将扩底混凝土夯出管外。

c. 当管内混凝土全部挤出管外后, 将内夯管和外钢模管一起下降到图 1 中 c 高度处。

d. 抽出内夯管, 灌入流动混凝土, 再次利用内夯管本身的重量加压, 使混凝土压实, 抽出外钢模管。

夯扩桩扩大头直径可用下式计算^[1]:

$$D = ad \sqrt{\frac{H + h - c}{h}} \quad (1)$$

式中 a 为综合修正系数, 它与拔管高度、夯击能量和土的性质有关; d 为外管的内径; H 为第一次外管内灌混凝土高度; h 为夯扩工序中外管上拔高度; $h - c$ 为外管、内夯管同步沉入深度, 其中 c 为内夯管端部至底部的距离。

1.1.3 有桩靴夯扩桩和无桩靴夯扩桩

夯扩桩可以分成带桩靴夯扩桩和不带桩靴夯扩桩。带桩靴夯扩桩即是在一般常规无桩靴夯扩桩底部增加一只桩靴, 随外钢模管一起夯入土中。通过实际施工发现, 带桩靴夯扩桩具有以下优点:

a. 带桩靴夯扩桩由于与土结合紧密, 桩承载力比无桩靴夯扩桩的承载力高, 说明带桩靴条件下有提高承载力的作用。

b. 带桩靴的外钢模管在下沉时可防止淤泥和水进入外钢模管内。另外, 在粘性土中, 无桩靴夯扩时, 桩端夯扩混凝土不一定是向四周扩开, 有可能向下挤压, 达不到预期的效果, 而在带桩靴的情况下, 桩端扩大头成型则较好。

1.2 静压扩底灌注桩

由于夯扩桩在施工时噪音较大, 在某些情况下不能施工, 于是又开发出了静压扩底桩。其形成扩大头的原理和夯扩桩一样, 不同之处在于: 外钢模管和压扩芯管都是采用静压贯入的。

1.3 机械扩底桩

上面所采用的扩底方法, 是采用外力将管内混凝土压出形成扩大头, 而在钻孔灌注桩中则可以利用机械成孔形成底部扩大头, 再灌注混凝土形成扩底桩。

1.3.1 反循环钻进扩底灌注桩

该方法是将反循环钻机的钻头进行改进, 使其能扩大和缩小, 从而在成孔时形成扩大孔。例如, 日本托恩钻探公司的 TRC—U 型钻头, 其上有三只扩孔臂杆, 每一臂杆端部装有一只可回转钻头, 张开或收回扩孔臂杆, 钻头以行星运动的方式完成钻孔和扩孔 (见图 2 和图 3)^[2]。

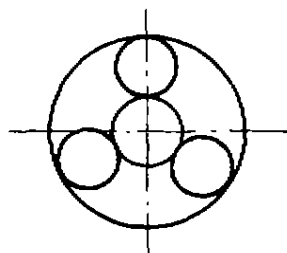


图 2 收回扩孔臂杆示意图

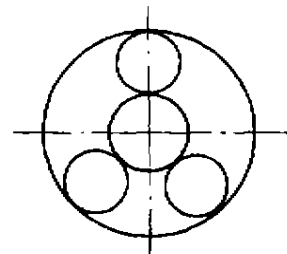


图 3 张开扩孔臂杆示意图

1.3.2 采用扩孔器进行扩孔

这种方法是国内在钻孔灌注桩扩底时常用的一种方法。扩孔器是一种新型的钻孔机械配套设备, 和钻头一样, 是可以拆卸的。它利用原钻孔机的动力, 在钻完孔之后, 需扩孔时, 像换钻头一样换上扩孔器, 借转杆的旋转动力进行扩孔。

利用组合钻头和扩孔器不仅可以形成底部扩大头, 而且还可以在孔中任何位置扩孔, 从而灌注出葫芦桩, 可以更大程度地提高承载力。

1.4 人工挖孔扩底桩

随着高层建筑和大型建筑物的发展, 对

单桩的承载力要求越来越高。当地基的基岩埋深较浅时,可以采用大直径人工挖孔扩底灌注桩。该桩型的优点在于桩径及扩大头直径不受机械设备的限制,而且可以有效地清除孔底沉渣,提高桩端承载力。但是该桩型的使用受地质条件影响较大,在基岩较深,地下水含量较高,地质状况复杂的地方不宜使用。人工挖孔扩底桩的成桩工艺和机械扩底桩类似,也是先成孔,放入钢筋笼后灌注混凝土。值得注意的一点是:扩大头处若依据扩大头形状单独配筋,效果更好。

1.5 压力注浆扩底桩

钻孔灌注桩一个极难解决的问题就是孔底虚土问题,由于孔底虚土的存在,将降低其承载力,使桩基的沉降量增加,影响建筑物的安全。采用钻孔灌注桩孔底压力注浆的方法,不仅可以将孔底虚土压实,而且可以在桩底部形成扩大头,提高承载力,减少沉降。其施工工艺如下:

a. 钻孔,放入钢筋笼,在钢筋笼下部焊一铁板,铁板下焊一钢丝网,钢丝网进入虚土之中。铁板上有两个管嘴,一个用于注浆,一个用于出气。

b. 钢筋笼安装完后浇筑混凝土,待强度达到 50% 左右即可从导管中进行压力注浆,注意控制注浆压力和桩基上升高度,一般应在 1~2 mm 之内(见图 4)。

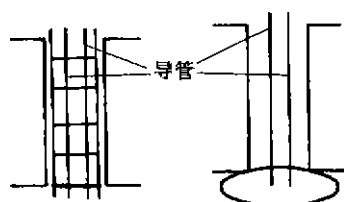


图 4 压力注浆扩底桩示意图

1.6 爆炸扩底桩

爆炸扩底桩是利用炸药在桩孔底部爆炸成扩大头的就地灌注混凝土桩,爆炸扩底桩

的使用范围受限制,应用较少。它在粘土中效果较好,在软土中不易成型,在碎石或砂土中也难于成型,在持力层复杂、漂石较多的地区不宜采用。另外,爆炸扩底桩孔底余土不易清理,孔壁、持力层易受影响,成桩质量较难保证^[3]。

1.7 胀扩体扩底桩

胀扩体扩底桩是由瑞典人最早提出的一种新型扩底桩,胀扩体主要由薄壁可折叠钢管组成,它被注入水泥浆后就会在土中发生膨胀,在桩被打入一个预先钻好的钻孔后,胀扩体开始膨胀,并形成包含一个单位体积的浆液固结体,从而形成一根底部扩大桩。

2 扩底桩在工程中的应用

扩底桩从 1983 年使用以来,主要用于旧建筑物的托换和锚固工程。目前,这项技术也用于建造新建筑物以及较重型建筑物,特别是高层或超高层建筑,用来替代大直径、超长灌注桩,取得了可观的经济效益。

a. 在北京崇文门小区的工程中,原先设计的预制桩,因噪音扰民无法施工,后改成 400 mm 灌注桩。由于灌注桩的承载力不足,又无法加太多的桩,停工近 1 年,后来采用了这种桩底压力注浆的方法。经静载试验,未经过压力注浆桩的容许承载力为 500 kN,而经过压力注浆后,桩的容许承载力可达 1 000 kN,圆满地解决了基础问题^[4]。

b. 在宁波磁性材料厂综合楼工程中,设计人员就扩底桩与沉管灌注桩在同一工程、相同地质条件下进行了技术经济对比。扩底灌注桩桩长 9.2 m,计算扩底直径 60 cm,沉管灌注桩桩长 11.7 m,两者桩身直径均为 32.5 cm,经静载试验,扩底桩极限承载力是 570 kN,沉管灌注桩极限承载力是 403 kN。其各项指标对比见表 1^[5]。(下转第 64 页)

表 1 沉管桩和扩底桩的对比

桩 型	极限承载力/kN	混凝土用量/m ³	钢材用量/t	水泥用量/t	混凝土承载力/(kN·m ⁻³)	每 100 kN 承载力工程价/元
沉管桩	403	1.06	0.02	0.382	397.5	34.9
扩底桩	570	1.05	0.02	0.373	543.0	20.3

6月下旬棉花长到4~5片叶时再渗水 $300\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。7月下旬棉花结1~2个小铃,西瓜接近成熟时又渗水 $300\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。4种作物全生育期共渗水 $1800\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。与灌水 $5100\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的大水漫灌相比,节水 $3300\text{ m}^3/\text{hm}^2$,节水率达64.7%。

2.2 增产效益显著

据调查,立体种植4种作物收获后,渗灌农田与大水漫灌农田相比,渗灌田平均每公顷产小麦(小麦只占2/3面积)4650 kg,收入8370元(按1.80元/kg计),增产1650 kg,增收2970元;产西瓜33750 kg,收入13500元(按0.40元/kg计),增产9750 kg,增收3900元;产皮棉712.5 kg,收入14250元,增产345 kg,增收6900元;复播的花生收入1650元(大水漫灌无复播)。4种作物1年收入共达37770元/ hm^2 ,比大水漫灌田种植3种作物增收15420元/ hm^2 ;比全面积种植增收26370元/ hm^2 。增产效益分别达69%和231%。

2.3 节能、省工、省地

大田渗灌不仅节水增产,而且节能、省工、省地。据测算,渗灌比大水漫灌节能70%~80%。渗灌浇地不需开沟化畦,操作时只需一人开启首部控制阀,也不必巡渠,可节省人工。化肥可溶化在渗灌池中,浇地、施肥二合一,两项每年可省工150个/ hm^2 。渗灌还可抑制杂草生长。大田渗灌取消了田间所有渠道,节约耕地3%~5%。

2.4 投入低、产出大

大田渗灌投资约9210元/ hm^2 (不包括机井投资),折旧年限按5年计算,年平均投资为1842元/ hm^2 。立体种植4种作物的成本为2595元/ hm^2 。共计每年投入4437元/ hm^2 。当年可产出37770元的效益,是年投入的8.5倍。同时节水、节能、省工、省地还有十分可观的经济效益。

3 技术论证

3.1 毛管长度

卫村大田渗灌毛管的长度基本控制在100 m以内。为进一步探讨毛管的合理长度,1995年第一次渗灌后,选择了最长的两根毛管(120 m),在其不同长度处分别挖了200 cm长、80 cm宽、30 cm深的4个矩形槽来观测其渗水情况,发现从首端开始70~80 m段的土壤手捏成团放手即散,湿度较好;80~100 m段的土壤手捏不成团但有湿度;100~120 m处的土壤逐渐从微湿到干土。1996年的小麦长势也说明毛管长度在70~80 m较好。

3.2 堵塞情况

在第三次渗灌时,又选取了5根长度为80 m的毛管,观测其是否有堵塞现象发生。结果表明,通水后在很短的时间内水就从管尾流出,说明毛管无堵塞现

象。同时又挖了150 cm长、30 cm宽、40 cm深的5个矩形槽,发现出水孔眼处都有土壤流失,放水后各孔眼都有较细的射流而不是滴水。未发现孔眼堵塞现象。

3.3 其它技术论证

从1997年小麦长势看,在毛管长度70~80 m内小麦长势良好,说明渗水基本均匀。渗灌水在地表能够看到块块湿斑时,两毛管间已渗透。按照设计,毛管埋在耕作层(25 cm)以下,不影响耕作,表明埋入深度也是比较合适的。

4 结 语

如果渗灌工程折旧年限定为5年,则卫村大田渗灌立体种植模式当年产出是当年投入的8.5倍,5年可创造出很可观的增产效益。同时还有节水、节能、省工、省地效益。即使毛管部分孔眼有堵塞,也可局部挖开,再扎孔眼,不会影响作物生长。这项简单易行、造价低廉的节水灌溉技术,能够适应管理水平不高、资金相对短缺的农村地区,因而值得推广。

(收稿日期:1997-06-04 编辑:许宇鹏)

(上接第51页)

c. 瑞典斯德哥尔摩市由14座岛屿组成,许多建筑由于沉降较大都存在着严重的问题。其中一座隶属瑞典教育学院的建筑物,是斯德哥尔摩市最古老、最有名的饭店,自建造以来发生了差异沉降,曾进行过基础托换,但效果不好,需要再次进行处理。经研究分析,决定采用胀扩体扩底桩,要求水泥灌浆净压力为1.5~2.5 MPa,以保证胀扩体充分膨胀。经荷载试验,每根桩至少有290 kN的承载力,这相当于预计允许荷载170 kN的1.7倍,使差异沉降得到了有效控制^[6]。

综上所述,扩底桩是一种新的桩型,只要桩端持力层选择恰当,施工合理,可以较大程度提高其承载力,具有明显的经济效益,可在许多地区推广使用。

参考文献

- 1 孙家瑞,喻素芬. 夯扩桩在大柱网工业厂房基础工程中的应用. 见:潘秋元主编. 浙江省第五届土力学及基础工程学术讨论会论文集. 杭州:浙江大学出版社,1992.19
- 2 李军译. 反循环钻进孔底灌注桩. 建筑技术,1993,20(3):178
- 3 温特科恩 H F,方晓阳. 基础工程手册. 北京:中国建筑工业出版社,1983
- 4 施文华. 不断实践不断发展的北京基础施工技术. 建筑技术,1993,20(1):15
- 5 孔清华,桂松莉. 静压孔底灌注桩应用开发研究. 见:潘秋元主编. 浙江省第五届土力学及基础工程学术讨论会论文集. 杭州:浙江大学出版社,1992.38
- 6 韩杰,楼永良译. 扩底桩在新建工程及基础托换工程中的应用. 建筑技术,1992,19(1):49~50

(收稿日期:1997-03-17 编辑:许宇鹏)