

# 预应力混凝土管桩设计与施工中应注意的问题

许国平

(宁波市建筑设计研究院, 宁波 315012)

[摘 要] 本文总结了预应力混凝土管桩设计与施工中要注意的问题,并介绍了这种桩型主要工程事故的处理方法。

[关键词] 预应力混凝土管桩;设计;施工;工程事故处理

[中图分类号] TU473.1<sup>+</sup>3,TU753.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-523X(2003)12-0025-03

## PROBLEMS WHICH MUST BE PAID ATTENTION IN DESIGN AND CONSTRUCTION OF PRESTRESSED CONCRETE TUBULAR PILE

Xu Guo-ping

[Abstract] This paper sumes up problems which must be paid attention in design and construction of prestressed concrete tubular pile, and presents treatment of main engineering accident.

[Key words] Prestressed concrete tubular pile; Design; Construction; Treatment of engineering accident

宁波市是我国应用预应力混凝土管桩最早的地方之一,在 20 世纪 80 年代末就开发应用薄壁预应力混凝土管桩,在 1992 年 1 月由我院和铁道部科学研究院铁道建筑研究所等单位编制出版了宁波市结构设计通用图集《薄壁预应力混凝土管桩》(NGF1-1992),在 1999 年 6 月由我院主编出版了宁波市建筑标准设计通用图集《先张法预应力混凝土管桩》(DBJ02-10-1999),这本标准图集具有地方特色,现在计划根据新规范再修订。目前预应力混凝土管桩在宁波市已广泛应用于各类建筑工程,应用范围从多层建筑、小高层建筑到高层建筑,我市在应用预应力混凝土管桩方面具有自己的特长和经验,笔者总结了这种桩型在设计与施工中要注意的问题,介绍了这种桩型主要工程事故的处理方法,并提出了一些成熟的建议,供同行们参考。

### 1 预应力混凝土管桩的设计

#### 1.1 预应力混凝土管桩的选型

设计人员在选用预应力混凝土管桩时,必须正确理解所选用的标准图集的适用范围和选用表中力学性能的含义,必须结合工程地质情况,上部结构特点,荷载大小及沉桩设备(静压、锤击)等条件,经综合分析计算后选用,不能盲目地、随意地套用,如选用不正确会造成浪费或沉桩时使桩身破坏。因此,在选用预应力混凝土管桩时,其中要考虑重要的

一点是沉桩时产生压力不应超过管桩桩身结构竖向承载力极限值。

如采用静压法沉桩,当桩端位于一般土层时,桩架配重一般为 1.5~2.0 倍单桩竖向承载力特征值时可满足沉桩要求;当管桩要穿过不适宜作持力层且有一定厚度的较硬夹层时,或以坚硬的粘土;密实的碎石土、砂土作为桩端持力层时,桩架配重一般在 2.0~2.5 倍单桩竖向承载力特征值时可满足沉桩要求;当桩端位于中压缩性粘土或粉质粘土,且持力层上部全部为软弱土时,桩架配重一般为 1.2~1.5 倍单桩竖向承载力特征值时可满足沉桩要求,所以选用预应力混凝土管桩时要考虑压桩力的大小。如采用锤击法沉桩时,可参考静压法沉桩的分析,结合工程地质条件、入持力层深度、单桩竖向承载力特征值等因素,合理选用管桩和桩锤,满足设计单桩极限承载力的要求。

当要进行静荷载试桩时,试桩的桩身强度要满足试桩荷载的要求,如采用抗拔桩则要另行设计,以满足抗拔的要求。

#### 1.2 预应力混凝土管桩桩顶的接桩处理

当桩端位于密实碎石土、砂土;坚硬、硬塑的粘性土或粉质粘土时,此时桩端要多进入持力层深度是较难的,打桩时以贯入度或压桩力控制为主,桩端标高作参考。如果建筑场地持力层顶面有较大的起伏且无规律,桩长度无法分区时,则此时桩长度无法统一,桩顶标高也高低不一。设计人员应仔细分析勘察报告,如勘探点数量不符合规范要求可以补勘,根据每个勘察孔确定桩长,并结合现场打桩情况灵活调整。打桩采用静压法时,压桩力可按 2.0~2.5 倍桩竖向承

收稿日期:2003-09-08

作者简介:许国平(1962-),男,宁波市建筑设计研究院教授级高级工程师。

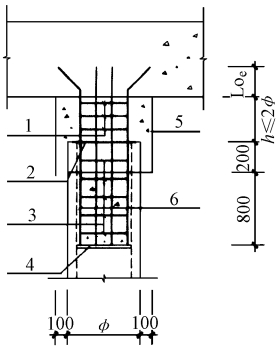


图 1 管桩接桩详图 ( $h < 2\phi$ )

1— $\phi 8$  @150; 2—另加 2 $\phi 14$  十字筋与管桩端板和连接骨架焊接;  
3— $\phi 8$  @300; 4—托板; 5—混凝土强度等级比承台高一級; 6—连接骨架  $\phi 16$  @250 且 6 根

载力特征值控制,并要求以此压力稳定一分钟;当采用锤击法时,锤的控制贯入度以 20 mm/10 击控制。由于现在工厂生产预应力混凝土管桩时长度以 1 m 为单位变化,所以按以上要求打桩时,如实际桩顶标高低于设计桩顶标高 0 ~ 1 m 时,旁边下一根桩仍按原长度施打;如实际桩顶标高低于设计桩顶标高 1 m 时,旁边下一根桩将加长 1 m;如实际桩顶标高高于设计标高 0 ~ 0.15 m 为正常,大于 0.15 m 时将该桩作截桩处理,旁边下一根桩将减小 1 m。实际桩顶标高低于设计桩顶标高时可按图 1 或图 2 的方法将桩接上来,其中按图 2 处理时在所处理的桩上套入水泥瓦筒,套筒的中心线与桩中心对齐,用人工边挖边沉瓦筒的方法使瓦筒沉至要求的深度,图 2 的方法适用于四周为淤泥质土。预应力混凝土管桩在一般情况下最好不要大面积截桩,截桩容易对桩身产生破坏,在选择截桩和接桩情况下,优先选取接桩。以上方法为特殊情况处理的方法,在选种情况下最好选用钻孔灌注桩或沉管灌注桩,这样可以调节不同的桩长。

2 预应力混凝土管桩的施工

2.1 软土地基中的挤土效应

预应力混凝土管桩属挤土桩,在软土地基施工时应充分考虑沉桩引起的挤土效应对先沉入桩,周边建筑物及地下管线的影响。当桩大面积入土时,土中的孔隙水压力增加,势必导致土体的侧向位移及土体的隆起。土体的侧向位移引起先沉入桩的明显偏位和倾斜;土体的隆起导致预应力管桩上浮,另外,如不采取有效的防护措施,挤土效应会导致对周边建筑物及地下管线产生一定的危害。

为了防止出现以上现象,可采取以下措施:

- a) 预应力混凝土管桩当穿越饱和土时,布桩平面系数不宜大于 4.5%;当穿越非饱和土时,不宜大于 6%。
- b) 在软土地基中,尽量采用开口桩尖。根据现场实例,采用开口桩尖时,内孔能进入的土约为桩长的 1/4 ~ 1/3,由于施工时管孔进土和排放空气,从而大大提高了桩身与土的摩擦力,减小了孔隙水压力,而桩端承载力与闭口桩基本相同。

c) 在沉桩区四周设置深 10 ~ 12 m 左右  $\phi 70 \sim 80$  mm 的袋装砂井,间距一般为 1.0 ~ 1.5 m,再挖 0.5 ~ 0.8 m 宽、深约 0.5 m 的砂沟把袋装砂井顶连接起来,用来排除土中的孔隙水压力,消除部分地面振动。

d) 在沉桩时采用植桩法(即预钻孔深桩),孔径约比桩径(或方桩对角线)小 50 ~ 100 mm,深度宜为桩长的 1/3 ~ 1/2,施工时应随钻随打。

e) 应合理安排打桩线路,对于密集桩群,自中间向两个方向或向四周对称施打;当一侧毗邻建筑物或地下管线时,由毗邻建筑物或地下管线处向另一方向施打。另外,应限制打桩速度,控制每天打桩的数量。

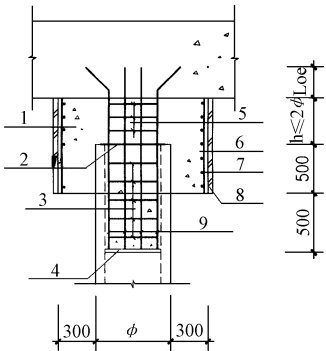


图 2 管桩接桩详图 ( $h > 2\phi$ )

1—混凝土强度等级比承台高一級; 2—另加 2 $\phi 14$  十字筋与管桩端板和连接骨架焊接; 3— $\phi 8$  @300; 4—托板; 5— $\phi 8$  @150; 6— $\phi 14$  @300; 7— $\phi 8$  @200; 8—套筒; 9—连接骨架  $\phi 16$  @250 且 6 根

2.2 基坑开挖

预应力混凝土管桩主要承受竖向受压荷载,当承受水平荷载时,容易出现横向裂缝甚至断裂,所以在软土地基基坑开挖时,机械挖土机等设备不得碰及桩身,应用人工挖除桩间的余土,且必须分层均匀对称挖土,不能拼命往一个方向猛挖,如一次到底则使土体产生较大高差,挖出的土体不得堆置在基坑附近。另外建筑物如有地下室时要严格控制地下室围护的变形。在软土地基施工时,必须要考虑以上因素,避免由于土体位移造成桩身倾斜、出现横向裂缝甚至断裂。如出现上述工程事故,处理起来相当困难,既花费较大财力,又拖延工期。

2.3 截桩

预应力混凝土管桩一般不宜截桩,若遇特殊情况必须截断上部多余桩身时,不得使用大锤硬碰,应使用截桩机械或手工方法,先将桩身下部一定范围内用钢箍抱紧,再沿其上缘用钢钎在桩身四周对称凿穿后再锤打下,如需切断钢筋可用气割法进行。

3 预应力混凝土管桩工程事故处理

在软土地基中,预应力混凝土管桩的主要工程事故类型是由于土体位移、机械相碰等原因引起桩身倾斜、桩身出现横向裂缝甚至断裂。

预应力混凝土管桩除了按规范要求采用静荷载或高应

变动测来确定桩的竖向极限承载力外,还需按不少于 20 % 的桩进行低应变变动测来确定桩身是否出现裂缝、断裂等缺陷。如发现预应力混凝土管桩出现由于土体位移而引起的偏位时,则该部分桩要进行 100 % 的低应变变动测。

如检测结果为 Ⅲ类桩,则表明该桩有严重的缺陷,已无法正常使用,一定要补桩。如受施工场地或设备限制已无法补预应力混凝土管桩时,则可以用相同长度的钻孔灌注桩补桩,以竖向承载力相同的原则确定补桩数量。如测试结果为 Ⅳ类桩,但断裂部分在离桩顶 2 m 以内时,则可以在断裂处采取图 2 接桩加固的方法,加固处理后如能达到 Ⅲ类桩,就可以满足要求,进入下道施工。

如检测结果为 Ⅱ类桩,表明该桩有明显的缺陷,影响正常使用。对于这类桩,要分析原因,可按 Ⅲ类桩的 30 % 进行高应变变动测或按 10 % 进行静荷载试桩以确定其竖向承载力,根据检测结果确定是否对 Ⅱ类桩作为合格品使用,或采取降低其承载力、适当补桩等方法。补桩除了用预应力混凝土管桩或钻孔灌注桩外,如工期紧张, Ⅱ类桩竖向承载力降低较小的情况下,也可以用相同长度的锚杆桩补桩,锚杆桩必须符合相应的技术规程,其数量由计算确定,可先在基础上补桩的位置按锚杆桩要求留孔,等到上部结构施工到一定层数后补桩。

如果 Ⅱ类桩的裂缝深度不深,则可按图 3 的方法对预应力混凝土管桩进行加固,桩孔内除了插钢筋笼外,也可以插工字钢或钢管,如裂缝深度小于 4 m 可采用振动棒振实,如裂缝深度大于 4 m 可采用密性混凝土。若 Ⅱ类桩经加固后能达到 Ⅲ类桩标准,就可以满足要求,进入下道施工。

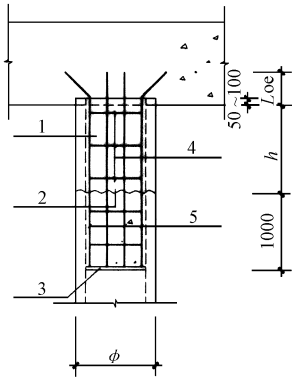


图 3 裂缝管桩处理

1—混凝土强度等级比承台高一级;2—横向裂缝;3—托板;4— $\Phi 3 @ 300$ ;5—连接骨架  $\Phi 16 @ 250$  且 6 根

虽然对 Ⅱ、Ⅲ类桩采取了一定的加固措施,但与原设计要求还存在一定的差距,为了保证工程质量,必须对承台和基础部分的整体性、强度和刚度等方面采取加强措施,避免产生不均匀沉降。下面是预应力混凝土管桩工程事故处理的实例。

宁波市某住宅为九层小高层住宅,框架结构,采用预应力混凝土管桩,桩径 400 mm,壁厚 65 mm,长 32 m,分为 3 节,单桩竖向极限承载力为 1 450 kN,独立承台加基础梁拉结,

桩顶位于自然地坪下 1.8 m。

宁波市位于浙东滨海地区,表面 20 ~ 25 m 左右均为软弱土,根据工程地质报告,基坑开挖深度范围内自上而下的地质情况为:

第 1 层:粘土,灰黄色,软可塑,高压缩性土,层厚 1 m。土性指标:  $\gamma = 16.1 \text{ kN/m}^3$ ,  $\varphi = 8^\circ$ ,  $c = 15 \text{ kPa}$ ,含水量 42 %。

第 2~1 层:淤泥,流塑,高压缩性,层厚 3 m。土性指标:  $\gamma = 16.1 \text{ kN/m}^3$ ,  $\varphi = 9^\circ$ ,  $c = 5 \text{ kPa}$ ,含水量 62 %。

该工程打桩完毕后,经静荷载、高压变及低应变测试后一切符合设计要求,且桩偏位在允许范围内。

基坑开挖时,上部施工单位采用单斗反铲挖掘机往一个方向猛挖,一次挖到基坑深度,且把挖出的土方堆在基坑旁边,没有及时运走,结果造成此部分区域土体位移,从而使约 20 根桩顶出现 100 ~ 200 mm 的偏位,经测试均在 2 ~ 5 m 深处出现横向裂缝,均为 Ⅲ类桩。另外,挖掘机在施工时不小心碰到二根桩顶,使其在深约 2 m 处横向断裂,经测试为 Ⅳ类桩。别的部位以后调整施工方案,没有出现上述现象。

经多方讨论,决定对 Ⅲ类桩按图 3 方法进行加固处理,对 Ⅳ类桩按图 2 方法进行加固处理。经加固后,对上述桩重新做 100 % 的低应变变动测,均能达到 Ⅲ类桩的标准。另外,再做 2 根静荷载试桩,3 根高应变变动测,其竖向承载力极限值 3 根能满足设计要求,2 根为设计要求的 95 %。

考虑到桩倾斜偏位集中在某一区域,为了保证质量,决定恰当补桩,且结合桩偏位处理加强基础部分的刚度和强度。由于施工工期紧张,决定采用补锚杆桩方案,经计算分析并整体考虑决定补锚杆桩 16 根,锚杆桩长度同原柱,断面 300 mm  $\times$  300 mm,单桩竖向极限承载力取 600 kN,锚杆桩布置在承台之间基础梁的翼缘板上,在翼缘板上预留锚杆孔,待上部结构施工到二层楼面时进行锚杆桩施工,这样不影响工期。

4 预应力混凝土管桩需解决的问题

预应力混凝土管桩以桩身质量可靠、施工速度快、造价经济等优点已越来越受工程建设单位的欢迎。但任何桩型都有一定的适用范围,都存在某些缺陷,笔者认为此桩型还存在以下需要解决的问题:

a) 预应力混凝土管桩承受水平荷载能力差,在水平荷载作用下容易产生横向裂缝甚至断裂,特别是预应力混凝土薄壁管桩更加明显。

b) 预应力混凝土薄壁管桩穿越较硬土层和进入密集砂土、碎石土等持力层的能力较弱,为了达到以上目的而过度锤击或静压都能使桩身出现破坏。

c) 许多地方标准图集中都缺少外径为 350 mm、450 mm 等种类的管桩,而生产厂家也没有生产此种类桩型,影响预应力混凝土管桩的使用范围。

d) 管桩的生产厂家生产预应力混凝土管桩时桩长都以 1 m 为单位变化,在许多情况下,设计要求桩长以 0.5 m 为单位变化,希望生产厂家满足设计要求。