

福州地区预应力管桩施工常见断桩问题的分析及对策

林振华

(福建六建建工集团公司 福建 福州 350009)

摘 要 结合福州地区预应力管桩施工的实际情况,从管桩施工过程及土方开挖过程 2 个方面分析了预应力管桩断桩的原因,并提出了应采取的对策。

关键词 福州地区 预应力管桩 断桩 接地比压 基坑土方开挖

中图分类号:TU473.1 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2005)02-0045-03

在福州地区静压预应力管桩工程施工中,经常发生断桩现象,经调查分析,绝大部分是发生在有地下室的工程中,而且主要在以下 2 个阶段:第一是发生在静压预应力管桩施工过程,因地耐力不足静压桩机发生沉陷产生较大的侧向推力;第二阶段是发生在土方开挖过程,一次性开挖深度超限,土体产生滑动、或是被挖掘机碰撞预应力管桩、或是因支护体系不合理而造成周边土体向内推移。

1 静压预应力管桩施工过程分析

1.1 地质情况

福州地区地表浅层较为典型的工程地质状况见表 1。

福州市区的杂填土与粉质粘土 2 层的总厚度一般在 2~3 m,要充分地利用好这一层或者加固好这一层,通过该层的应力扩散,使传到下卧淤泥层顶面的附加应力减小。淤泥层一般在 10 m 左右,淤泥层物理力学特性中高压缩性、触变性、流变性等对静压

表 1 福州市区浅层地层情况					
土层名称	天然地基承载力特征值/kPa	土层厚度/m	天然重度 γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	固结快剪	
				内聚力 c /kPa	内摩擦角 φ ($^{\circ}$)
杂填土	80	0.8~2.5	17.5~18.0		
粉质粘土	100~110	0.3~1.7	17.2~18.0		
淤泥	40~45	6.5~14.5	15.1~15.8	7.6~8.0	10.4~12.0

桩机施工影响较大。

1.2 静压桩机情况

福州地区施工常用的静压桩机性能参数见表 2。

表 2 静压桩机步履大小船几何尺寸及最大接地比压值				
静压桩机型号	大船尺寸 (长×宽)/m	小船尺寸 (长×宽)/m	接地比压/kPa	
			大船	小船
DLS-750	12.0×2.35	7.35×3.3	133	155
YZY-750	12.0×2.0	4.0×4.4	156	213
YZY-750	12.0×2.2	6.2×3.4	142	178
ZYJ-680	11.8×1.8	5.7×3.3	160	181

1.3 预应力管桩情况

福州地区常用的预应力管桩性能参数见表 3。

表 3 预应力高强混凝土管桩(PHC)的力学性能(闽 02G119)								
规格	外径/mm	壁厚/mm	型号	抗裂弯矩/($\text{kN}\cdot\text{m}$)	极限弯矩/($\text{kN}\cdot\text{m}$)	桩身强度设计值/ kN	桩身允许顶压压桩力/ kN	桩身允许抱压压桩力/ kN
PHC400-95	400	95	A	52	77	2030	3490	3170
			AB	63	104	2000	3440	3130
			B	75	135	1950	3380	3070
PHC500-100	500	100	A	99	148	2820	4820	4390
			AB	121	200	2760	4750	4310
			B	144	258	2700	4660	4240
PHC500-125	500	125	A	99	148	3300	5560	5130
			AB	121	200	3230	5430	5050

注(1)桩身强度设计值 $=0.65f_cA_p-0.3A_p\sigma_{pc}$,桩身允许抱压压桩力 $=0.45(f_{ce}-\sigma_{pc})A_p$, $f_{ce}=80\text{ MPa}$,桩身允许顶压压桩力 $=1.1\times$ 桩身允许抱压压桩力。(2)单桩竖向承载力设计值应不大于桩身强度设计值,静载试验、顶压式压桩施工及抱压桩机送桩时的压桩力均不应大于桩身允许顶压压桩力,抱压式压桩机施工时施压力不应大于桩身允许抱压压桩力。

1.4 按预应力管桩性能配置桩机重力及接地比压

从表 1 的天然地基承载力特征值和表 2 的接地比压值比较可以看出 ,天然地基承载力不能满足静压桩机满负荷时的施工要求。工程实际中常用的预应力管桩规格为 Ø400、500 mm 二种 ,从表 3 数据来看 ,桩身允许压桩力为 3500 ~ 5500 kN ,那么桩机机身加配重总的只要 3900 ~ 6000 kN ,但由于福州地区地质的特性 ,要达到设计所需要的持力层 ,必须穿过一定厚度的夹层 ,经常要求静压桩机总的配置重力要达到 5000 kN 以上 ,那么按 5000 ~ 6000 kN 计算静压桩机接地比压值见表 4。

表 4 静压桩机步履大小船几何尺寸及实际接地比压值				
静压桩 机型号	大船尺寸 (长 × 宽)/m	小船尺寸 (长 × 宽)/m	接地比压/kPa	
			大船	小船
DLS - 750	12.0 × 2.35	7.35 × 3.3	89 ~ 106	103 ~ 124
YZY - 750	12.0 × 2.0	4.0 × 4.4	104 ~ 125	142 ~ 170
YZY - 750	12.0 × 2.2	6.2 × 3.4	95 ~ 114	119 ~ 143
ZYJ - 680	11.8 × 1.8	5.7 × 3.3	118 ~ 141	133 ~ 159

1.5 施工的实际状况及经验分析

从表 4 的接地比压值看 ,均超过表 1 的天然地基承载力特征值。现场的施工情况也确实如此 ,其状况是 ,在静压桩机的重力压力下地面均产生或多或少的沉降 ,如果静压桩机在整个施工场地行走过程中 ,整个场地的沉降是均匀的 ,沉降在 500 mm 以内 ,在群桩承台中基本上不会对周边已施工过的桩身产生侧向推移破坏。若沉降超过 500 mm ,在群桩承台中或承台与承台之间的距离小于静压桩机的步距时 ,就会明显地看到对周边已施工过的桩身产生侧向推移破坏。最严重的是 ,场地中局部比较软弱 ,当静压桩机的一个船移到这个软弱位置时 ,静压桩机的这个船或船的一边发生沉陷 ,整个船底的倾斜面与水平成 15° 以上 ,这时这个船对周边土壤的侧向推力是非常大的 ,此时邻近有桩必定被推断。

1.6 易发生沉降的几种施工场地

一般以下几种施工场地 ,在静压桩机重力压力下会产生太多的沉降 :

- (1)在有地下室的工程中 ,基桩布置的比较密 ,且有送桩后形成的送桩孔 ,其孔底一般处于淤泥层中 ,虽然有的用砂填但难以填实 ,更何况更多的没有填。要注意的是 ,由于淤泥具有触变性 ,其结构未受扰动时 ,具有一定的结构强度 ,一旦受到扰动 ,强度很快降低 ,本来天然承载力就不够了 ,又增加这种不利因素。
- (2)施工场地属于近期内回填的或者地下有障

碍物需清理障碍物而翻动 ,而且回填时或翻动后没有采取碾压密实。

(3)最危险的是 ,场地上全部或局部是由池塘回填起来的 ,回填过程中没有采取清淤的措施。

(4)原来是菜地或田地 ,而且地下水位比较高。

1.7 采取的措施

(1)由于天然地基承载力不够 ,可利用旧城改造拆旧建筑物的碎砖渣来作为地表面加固物 ,既经济又实用 ,一般加固厚度为 500 mm 以上 ,作必要的碾压 ,使碎砖渣与原地面杂填土交结在一起。

参照《 建筑地基基础设计规范 》(GB 50007 - 2002)第 5.2.7 条 ,当地基受力层范围内有软弱下卧层时 ,大小船相当矩形基础 ,则 :

承载力验算 $P_z + P_{cz} \leq f_{az}$

矩形基础 $P_z = (lbP_k) [(b + 2z \tan \theta) (l + 2z \tan \theta)]$

式中 : P_z ——软弱下卧层顶面处的附加压力值 ;
 P_{cz} ——软弱下卧层顶面处土的自重压力值 ;
 P_k ——基础底面处的平均压力值 ; f_{az} ——软弱下卧层顶面处经深度修正后地基承载力特征值 ; b 、 l 、 z ——矩形基础底边的宽度、长度、基础底面至软弱下卧层顶面的距离 ; θ ——地基压力扩散角与垂直线的夹角(见表 5)。

E_{s1}/E_{s2}	表 5 地基压力扩散角 θ / (°)	
	z/b	
	0.25	0.50
3	6	23
5	10	25
10	20	30

注 E_{s1} 为上层土压缩模量 ; E_{s2} 为下层土压缩模量 ; $z/b < 0.25$ 时取 $\theta = 0^\circ$ 。

由以上可以看出 :上下二层的 E_{s1}/E_{s2} 愈大时及 z/b 大时 ,地基压力扩散角就大 ,应力扩散作用愈显著 ,于是在软弱下卧层顶面上的荷载强度降低了 ,明显地减少了沉降。即要求加固所用的材质压缩模量要大 ,加固层要达到一定的厚度 ,不得小于 500 mm。

(2)针对送桩后所形成的孔洞 ,要及时地用砂回填到底。及时性的要求是送桩器一旦拔出来 ,就要进行回填 ,避免因静压桩机移动后 ,土层受力后将孔洞挤压变形而无法填得密实 ,加剧淤泥层的扰动程度 ,甚至严重到淤泥层受到上面的压力后从孔洞中挤出来 ,导致场地变为海绵地 ,桩机都无法移动。

(3)原有为池塘的 ,必须把淤泥质土挖掉换成砂 ,并分层夯实。

(4)地下水位较高的 ,采取降水措施。

2 基坑土方开挖过程分析

2.1 基坑围护结构是安全的 ,土方开挖的问题

采取挖掘机开挖的现场的工况是 ,挖掘机在前面挖 ,土方运输车在后面装车 ,这样坡顶有了振动荷载。根据《 建筑施工计算手册 》挖方安全边坡的计算 ,当土体处于极限平衡状态时 ,挖方边坡的允许最大高度为 :

$$h = 2c\sin\theta\cos\varphi / \{ \gamma \sin^2 [(\theta - \varphi) / 2] \}$$

式中 θ ——边坡的坡度角。

根据表 1 ,以淤泥层为例 ,取 $c = 8 \text{ kPa}$ $\varphi = 12^\circ$, $\gamma = 15 \text{ kN/m}^3$ $\theta = 70^\circ$,则挖方边坡的允许最大高度 :

$$h = \frac{2 \times 8 \times \sin 70^\circ \times \cos 12^\circ}{15 \sin^2 [(70^\circ - 12^\circ) / 2]} = 0.886 \text{ m}$$

(1)采用机械开挖 ,且是一次到底 ,这往往是在只有一层地下室的工程中 ,开挖深度为 5 m。为了土方开挖进度和降低土方开挖成本 ,往往采用挖掘机开挖 ,只要挖掘机不翻车 ,就拼命地向纵深方向挖下去 ,同时运载土方的车直接开到挖掘机的背后 ,挖出的土直接卸到车上。当装满车后汽车发动起步开走 ,这一瞬间土坡是处于加载又振动 ,且振动的推力是向坡度方向。这样的工况肯定要发生土体滑坡 ,此时预应力管桩上部若落在土滑坡体内 ,预应力管桩会被土体推着向滑坡方向倾斜 ,当土体的位移超过一定的程度 ,即施加在预应力管桩身上的推力所产生的弯矩超过管桩桩身的抗裂弯矩时就发生了断裂。

(2)采用机械开挖 ,虽有分层但层高超过挖方边坡的允许最大高度 ,也会发生上面的情况。所以一定要进行挖方边坡的允许最大高度的计算 ,并要

考虑坡顶的挖掘机和土方运输车等荷载及振动作用 ,施工中一定要严格按计算所确定的挖方边坡的允许最大高度执行。

(3)采用机械开挖 ,挖掘机碰撞预应力管桩桩身造成桩身断裂。预应力管桩属于高强度但很脆 ,在碰撞的冲击力作用下极易造成横向裂缝。因此在密集的群桩承台中 ,因地质变化大造成桩顶高出设计的标高 ,这种密集的群桩中挖土应尽可能采取人工分层开挖的方式进行 ,以避免因机械开挖不小心造成碰撞桩身。

2.2 基坑围护结构有问题

因围护结构严重位移甚至破坏 ,这样靠近围护结构的预应力管桩都将受到不同程度的推移 ,这种破坏是短时间内产生的。

2.3 没有围护结构仅采取放坡

由于放坡不够 ,土体的滑动是缓慢的 ,是一种徐变 ,这容易被人忽视 ,等发生土体明显移位时 ,桩身已被破坏。

3 结语

静压预应力管桩以其施工速度快、对环境污染少而得到广泛地应用 ,但在软弱地基的场地中应用时桩身断裂现象时有发生 ,如何防止此类质量事故的发生 ,关键的要把握住 :一是桩机施工时场地的耐力是否达到桩机的要求 ,若达不到桩机施工要求就要采取加固措施 ;二是土方开挖方案要切实可行 ,实施中严格按方案执行 ,不得超挖。否则 ,就会因断桩要补桩或继续挖到断桩的深度进行接桩处理 ,彻底击碎所谓的不切实际的“ 良好愿望 ”——地面不加固能节省成本、土方超深开挖能节省工期和成本。

导管专家 许昌臻发

许昌臻发物资机械有限公司是省定点生产基础工程桩机导料管的专业化骨干公司 ,其研制开发生产的专利产品卡扣式快装导料管是继法兰盘式、丝扣联结式之后的第三代新产品 ,具有密封可靠、自动调心、抗拉强度高、联接、拆装方便快捷等安全可靠的特点。投放市场以来 ,深受广大用户的欢迎和信赖。

专利号 ZL 2004 2 0118303.5
卡扣式快装导料管技术参数

参 数 \ 型 号	Ø219 (楼桩)	Ø250	Ø273	Ø300	Ø325	Ø360 (最大)
导管工作压力(MPa)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8
密封圈承受压力(MPa)	1.47	1.47	1.47	1.47	1.73	1.92
导管外径 × 壁厚(mm)	Ø219 × 4.2 (成型)	Ø250 × 4.5 (卷管)	Ø273 × 6 (成型)	Ø305 × 5 (卷管)	Ø325 × 6 (成型)	Ø355 × 8 (成型)
导管灌注深度极限(m)	40	60	90	90	120	150
漏斗容积(m ³)	0.6 ~ 1.0	1.0 ~ 1.3	1.3 ~ 1.5	1.5 ~ 1.8	1.8 ~ 2.0	2.0 ~ 3.0
导管灌注直径(mm)	600 ~ 800	800 ~ 1500	1500 ~ 1800	1500 ~ 1800	1800 ~ 2000	2000 ~ 2600
一次不间断可灌注砼量(m ³)	190	190	220	220	260	290