

振动沉管夯扩桩在荣宝华商城基础工程中的应用

韦中贤

(南宁建科工程建设联合监理公司, 广西 南宁 530012)

摘要 介绍振动沉管夯扩桩在基础工程中的应用情况、施工工艺、适用范围, 以及施工过程中存在的质量通病。分析振动沉管夯扩桩在施工过程中产生断桩的原因、桩管内进入水和泥的原因, 提出了相应的预防对策。以广西南宁经济开发区荣宝华高城项目为例, 总结了振动沉管夯扩桩应用于该工程中所采取的监理措施及达到的效果, 并进行了经济分析。

关键词 振动沉管夯扩桩; 基础工程; 施工工艺; 工程监理; 经济分析

中图分类号 :TU473 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-764X(2007)S2-0187-03

1 工程概况

荣宝华商城项目位于广西南宁经济开发区、江南汽车客运站北 1 km 处, 总建筑面积为 35 万 m²。项目场地位于邕江南岸的高阶地上, 原为低丘陵地貌, 冲沟发育, 现已人工回填整平, 地面高程在 80 ~ 82 m 之间, 基本地质情况为: 7 ~ 11 m 厚的填土, 0.4 ~ 4.2 m 厚的淤泥质粉黏土, 0.9 ~ 6.6 m 厚的粉质黏土, 1.0 ~ 6.36 m 厚的圆砾、泥质砂岩。通过对钻孔灌注桩、人工挖孔桩、振动沉管夯扩桩等方案的经济、技术比较, 最后采用振动沉管夯扩桩进行施工。

2 振动沉管夯扩桩简介

振动沉管夯扩桩是沉管灌注桩的一种改进, JGJ 94—94《建筑桩基技术规范》命此桩型为夯扩成型灌注桩。20 世纪 80 年代初, 浙江、江苏等省首先采用。由于其技术指标优于一般沉管灌注桩, 近 20 多年来得以迅速推广, 广东、深圳等地较多采用, 使用范围也从多层建筑扩展到 20 层以上的高层建筑。振动沉管夯扩桩采用了内外套管的双管法施工, 外管有直径 $\varnothing 426$ mm, $\varnothing 456$ mm 或 $\varnothing 480$ mm 无缝钢管, 内夯击管比外管短 0.2 m, 外径比外管直径约小 100 mm, 内管头有 1 个封底钢板, 其上端与导杆柴油锤的下端连接, 位于机架上, 可自由上下移动。内夯管的作用为: 在锤击作用下沉管入土, 封住外管口, 不让地下水及淤泥进入管内; 在夯扩大头时为传力杆, 将锤击力直接传递给桩端部夯扩混凝土和持力

层地基上, 振动拔管时固定钢筋笼标高位置。采用振动拔管工艺后, 从根本上解决了现场混凝土灌注桩的桩身质量通病(如断桩、缩颈、蜂窝等), 确保了夯扩桩承载能力的可靠性。

3 振动沉管夯扩桩施工工艺流程

将桩管对准桩位并预留封底混凝土料, 同时调整好其垂直度→锤击沉管, 打至设计深度并满足贯入度要求→抽出内管灌入扩大头设计所需的混凝土→把内管放进外管内进行夯扩→夯扩时慢慢拔出外管至按设计要求拔出的高度(按武汉市夯扩桩设计施工技术规范 18—97WBJ8 执行), 当锤击内管与外管平齐时, 再同步打到离入土深度 200 mm, 此时 1 次夯扩结束(可进行 2 ~ 3 次以上工艺夯扩)→抽出内夯管, 投入钢筋笼, 并按设计要求控制钢筋笼标高, 并灌注包括充盈系数在内的桩身混凝土, 把内管放进外管内, 开动振动锤, 开始振动拔管→边振边拔, 慢慢拔出外管, 管内混凝土徐徐向下→桩身边振边拔出地面(空管部分可停振后静拔)→成桩结束, 转下一根桩施工。

4 振动沉管夯扩桩适用范围

a. 振动拔管夯扩桩已从多层建筑使用到 23 层左右的高层建筑, 而且在此范围内建筑物越高, 采用夯扩桩的桩基造价越省。回填土层和软土层越厚, 采用夯扩桩的桩基造价也越省, 技术性能更可靠。

b. 持力层: 夯扩桩夯扩大头持力层可以为可塑

至硬塑的粉土、砂土、粉质黏土的砂质粉土,也可以为中密以下的砾砂土、圆砾层、强风化砂质泥岩等,地质钻探的标准贯入度击数在 10~45 击范围内的土层均可采用夯扩桩。进入持力层深度:对于砂层,一般以 3 倍左右桩径较合理,过深则作用不大,因扩大头上段(相当于扩大头高度 h)桩周存在应力膨胀区,而且过深会造成施工拔管困难。以砾质黏土为持力层时,当桩端落在硬塑砾质黏土、老黏土或强风化层时,桩端进入不宜太深,进入 0.5 m 即可。进入过深以后因土较密实夯不出大头,反而会降低桩端支承力,同时施工中会因拔管阻力而造成设备及安全事故。桩深从有效桩长 6~22 m 均可施工,并满足施工质量控制的要求。

5 振动沉管夯扩桩单桩承载力、桩身混凝土、配筋和桩距的要求

与沉管灌注桩相比,夯扩桩在桩端形成扩大头,桩端面积比桩身截面积增大 1.5~1.8 倍左右;夯大头直径 $D=750\sim 900$ mm 时扩大头截面积 $0.44\sim 0.636\text{ m}^2$ 。同时桩端持力层得到夯实挤密,而且深层地基土边得到一定的挤密效果,故单桩承载力较高。单桩竖向承载力特征值 R_K 计算公式如下:

$$R_K = \frac{\pi}{4D^2} q_p + \pi q_{s_i} L_i$$

式中: R_K 为单桩竖向承载力特征值, kN; D 为扩大头计算直径, m; q_p 为桩端土的承载力标准值, kPa; q_{s_i} 为桩周第 i 土层负摩阻力标准值, kPa; L_i 为桩周第 i 土层的厚度, m。

单桩竖向承载力特征值根据持力层的不同,取值宜在 850~1200 kN 之间。由于夯大头的作用,在 $\varnothing 450$ mm 桩径时夯扩桩单桩承载力特征值可用到 850 kN,桩身混凝土强度为 C25。在桩径为 $\varnothing 500$ mm 时,单桩承载力特征值可从 900~1200 kN,桩身混凝土强度为 C30。桩身配筋为构造配筋,纵筋为 6 $\varnothing 12$ 或 6 $\varnothing 14$ (II 级钢),长度不少于 1/2 有效桩长,进入原状土不少于 1 m,螺旋箍筋用 $\varnothing 6.5@250$ mm 并且钢筋保护层不少于 70 mm。桩距一般为 3.2~3.5 倍设计桩径。根据荣宝华商城项目的地质情况,设计桩端持力层为粉质黏土或圆砾,施工的桩长在 13~16 m 范围,设计桩径为 $\varnothing 450$ mm 和 $\varnothing 500$ mm。

6 振动沉管夯扩桩施工中的常见问题

振动沉管夯扩桩在施工过程中,虽然采取振动拔管工艺后从施工工艺上解决了现场混凝土灌注桩桩身质量的通病,如断桩、缩颈、蜂窝等,但由于施工现场的复杂性、不可预见性等特点,夯扩桩在施工中

由于施工工人技术熟练程度、突然性停电、机械故障等因素,也会遇到混凝土用量过大、桩身夹泥、缩颈、断桩、桩管内进水或泥等常见的质量问题。在荣宝华商城桩基施工过程中,曾出现断桩、缩颈、桩管内进入地下水及淤泥等现象,经过监理工程师采取事前、事中、事后质量控制和施工单位采取技术措施,使桩身质量基本得到了保证。

6.1 断桩产生的原因和对策

a. 原因:①在流塑的淤泥中,由于孔壁不能直立,混凝土的密度大于流塑的淤泥质土,浇筑混凝土时造成混凝土在该层中涌塌而断桩。②拔管速度太快,混凝土尚未流出桩管外,周围的土迅速回缩造成断桩。③桩成型后尚未达初凝强度,由于振动对于上层较硬,下层软弱土层的波速不一样,产生的剪切力将桩剪断。④混凝土粗骨料粒径太大,浇筑混凝土时在管内发生“架桥”现象造成断桩。

b. 对策:①采用局部反插法或复打法,复打深度必须超过断桩区 1 m。②采用正常拔管速度,如在流塑淤泥质土中拔管速度不得大于 0.5 m/min。③控制桩距大于 3.5 倍桩径,或采用跳打法施工以加大桩的施工间距,跳打时必须在相邻成型的桩达到设计强度的 60% 以上方可进行。④按规范要求严格控制粗骨料粒径。

6.2 桩管内进入水和泥的原因和对策

a. 原因:①管长细比太大,刚度较差,在沉入过程中由于桩管的弹性弯曲而使锤击或振动能量减少。②振动沉管桩机的振动参数(激振力、振幅、频率等)选择不合适或由于正压力不够而使桩管沉不下去。③桩管下沉时间较长,地下水丰富或有较厚的淤泥。

b. 对策:①根据工程地质资料选择合适的沉桩机械,桩管径长细比不宜大于 40 d。②根据工程地质条件选择合适的沉桩振动参数。沉桩时如正压力不够而沉不下去,可采取配重或加压的办法来增压力,锤击沉管时若锤重不够,可更换大一级组的桩锤。③选择合理的沉管工艺以缩短沉管的时间。当桩管沉至地下水位以上 0.5 m 时,先灌注 0.05~0.1 m³ 封底混凝土,把桩管底部的缝隙用混凝土堵住,使水及泥浆不能进入管内。

7 监理措施

由于夯扩桩施工工艺远较一般沉管灌注桩复杂,质量要求高,如果掌握不好,会导致施工质量还不如沉管灌注桩,因此对夯扩桩进行全过程监理是确保施工质量的重要保障。监理工程师在桩基施工过程中要采取事前、事中、事后控制,特别加大主动

表 1 中心商场桩基静荷试验结果汇总										
试验 序号	工程桩 编号	成桩 日期	桩径/ mm	桩长/ m	单桩承载力 设计值/kN	试验 荷载/kN	桩顶总沉降 量/mm	残余沉降 量/mm	桩顶回弹 量/mm	单桩竖向极限承 载力实测值/kN
1	91	2005-01-02	500	11.6	1 100	2 200	13.17	6.16	7.01	2 200
2	149	2005-01-03	500	11.4	1 100	2 200	8.01	1.63	6.38	2 200
3	287	2005-01-08	500	11.6	1 100	2 200	7.78	1.45	6.33	2 200
4	322	2005-01-03	500	10.6	1 100	2 200	12.26	5.73	6.53	2 200
5	466	2005-01-04	500	8.6	1 100	2 200	12.24	5.02	7.22	2 200

控制的程度。具体监理措施为 :①桩基施工前要熟悉设计图纸及施工规范 ,针对工程具体地质特点编制监理实施细则和监理旁站方案。②认真审核施工单位报送的施工组织设计、施工方案和技术措施。③在桩基动工打桩前认真校核施工单位放的桩位线 ,防止轴线走位。施工过程中要检查、监督锤击沉管扩灌注桩的线孔终止是否达到标准 ,现场混凝土搅拌的材料投料量、水灰比、搅拌时间及坍落度是否符合混凝土配合比及施工规范要求 ,桩端扩大头的夯桩、钢筋笼制作及安装、桩身混凝土灌注、拔管速度和贯入度是否符合施工技术规范要求 ,认真做好现场施工记录 ,对现场出现的质量问题要及时处理。对小应变反映出来的断桩、缩颈等质量问题 ,及时组织施工单位对问题桩进行挖掘并要求施工单位编写质量问题处理方案 ,报监理、业主并经设计单位书面同意该方案后及时按方案要求对问题桩进行处理。施工单位在处理问题桩时 ,监理人员要在现场旁站监督并做好隐蔽工程记录。

8 监理效果

荣宝华商城目前已完成 A ,B 2 个开发区 ,中心商场、人防地下室及大酒店工程施工总共完成夯扩桩 8 000 多根 ,由广西建业勘察工程有限责任公司按桩数的 1 % 进行静载荷试验 ,基桩试验结果表明单桩竖向承载力均大于竖向承载力设计值 1.65 倍 ,满足设计要求并且总沉降量均不大于 15 mm ;基桩低应变动力检测 100 % ,实测桩身混凝土平均波速介于 3 223 ~ 3 931 m/s 之间 ,桩身结构完整 ,皆为合格桩。中心商场桩基静荷试验结果见表 1 ,单桩竖向抗压试验结果见表 2。

9 经济分析

振动沉管夯扩桩与预制管桩相比 ,在南宁地区现有市场价和相同的承载条件下 ,夯扩桩折算后每米要比预制管桩节省费用 15 % ~ 20 % ,在无管桩厂的城市 ,夯扩桩比管桩节省造价 20 % ~ 30 % ;在 12 ~ 18 层高的建筑物中 ,振动沉管夯扩桩与人工桩相比 ,采用夯扩桩可节省 30 % ~ 50 % 的工程造价。

表 2 1 号试桩(91 号工程桩)单桩竖向抗压试验结果

序 号	荷载/ kN	各级加荷载作用下桩顶沉降值				各级卸载后桩顶回弹值			
		历时 /min		沉降量 /mm		历时 /min		回弹量 /mm	
		本级	累计	本级	累计	本级	累计	本级	累计
1	0					180	420	2.92	7.01
2	440	120	120	1.76	1.76	60	240	2.17	4.09
3	660	120	240	1.33	3.09				
4	880	120	360	1.13	4.22	60	180	1.39	1.92
5	1 100	120	480	1.42	5.64				
6	1 320	120	600	1.31	6.95	60	120	0.53	0.53
7	1 540	120	720	1.45	8.40				
8	1 760	120	840	1.51	9.91	60	60	0	0
9	1 980	120	960	1.57	11.48				
10	2 200	120	1 080	1.69	13.17				

参考文献 :

[1] JGJ 94—94 ,建筑桩基技术规范[S].
[2] SJG 03—96 ,深圳地区夯扩桩技术规范[S].
[3] GB 50202—2002 ,建筑地基基础工程施工质量验收规程[S].
[4] 18—97WBJ8 ,武汉市夯扩桩设计施工技术规范[S].
(收稿日期 2007-04-30 编辑 :高建群)

(上接第 144 页)

参考文献 :

[1] 郑文康 ,刘翰湘 .水力学[M].北京 :水利电力出版社 ,1991 254-256 274 .
[2] 华东水利学院 .水工设计手册 ,第 1 卷 基础理论[M].北京 :水利电力出版社 ,1983 461-462 .
[3] 李炜 .水力计算手册[M].2 版 .北京 :中国水利水电出版社 2006 237 .
[4] 李炜 ,徐孝平 .水力学[M].武汉 :武汉水利电力大学出版社 2000 277-304 .
[5] 张世儒 ,夏维城 .水闸[M].2 版 .北京 :水利电力出版社 ,1993 56-76 .
[6] SL 265—2001 水闸设计规范[S].
[7] 张敬楼 .关于堰流和闸孔出流界限的讨论[J].江苏水利科技 ,1987(4) .
[8] 毛昶熙 .堰闸隧洞的泄流能力计算公式商榷[J].水利学报 ,1999(10) 38-44 .
(收稿日期 2006-09-13 编辑 :高建群)