

# 挤扩支盘灌注桩成桩技术及工程应用

王 桂

(河南省水文地质工程地质勘察院,河南 新乡 453002)

**摘 要:**结合工程实践,介绍了挤扩支盘灌注桩技术在某水泥公司 5000 t/d 新型干法生产线项目桩基工程中的应用效果,并对部分施工措施进行了探讨。

**关键词:**挤扩支盘灌注桩;成桩技术;桩基检测

**中图分类号:**TU473.1<sup>+</sup>4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2009)03-0063-03

**Application of Piling Technology for Expanded Branches and Plates Cast-in place Pile/WANG Gui** (Henan Province Hydrogeology and Engineering Exploration Institute, Xinxiang Henan 453002, China)

**Abstract:** Application effect of expanded branches and plates cast-in place pile in a piling engineering was introduced with field case, and discussion was made on some construction measures.

**Key words:** expanded branches and plates cast-in place pile; piling technology; pile foundation detection

经济的高速发展,高层建筑越来越多,对地基与基础承载力的要求也越来越高,桩基础的类型及施工工艺出现很多种类,使用范围较多的有钻孔灌注桩、静压桩、振动沉管灌注桩、挤扩支盘灌注桩等多种桩基础形式,而挤扩支盘灌注桩由于可大幅提高桩的承载力、减少沉降量,并且该工艺施工方便、成本低、可靠性高,在工程建设中得到了广泛的应用。

## 1 挤扩支盘桩的主要特征

挤扩支盘桩是 20 世纪 90 年代初在传统灌注桩基础上发展起来的新型桩基础,由桩身、盘支组成。按照土质情况,在硬土层中设置分支或承力盘。分支和承力盘是在普通圆形钻孔中用专用设备通过液压挤扩而形成的。在支、盘挤成空腔的同时也把周围的土挤密。经过挤密的周围土体与腔内灌注的钢筋砼桩身、支盘紧密地结合为一体,发挥了桩土共同承力的作用,提高了桩的侧摩阻力和支承阻力,从而使桩承载力大幅度增加。

挤扩支盘桩集预制桩、夯扩桩、灌注桩的优点,使用专利机具,根据需要可对不同的部位进行加固挤密,形成支盘,具有施工简便,造价低,承载力高,沉降量小的优点。但在深厚软土、淤泥地基、无相对理想持力层时慎用。

## 2 工程概况及设计参数

拟建焦作某水泥公司 5000 t/d 新型干法生产线

项目桩基工程,场地位于焦作市马村区,熟料库桩基工程施工设计内容如下:工程桩 162 根,桩径 800 mm,桩型为支盘灌注桩,砼强度等级 C30。工程桩有效桩长 25.00 m,要求  $Q_{uk} = 7000$  kN;桩长 30.00 m,要求  $Q_{uk} = 8000$  kN。设计支盘为桩底以上 1.0 m,一盘两支,盘支间距 3.00 m,盘径 1.40 m。

## 3 地质情况

场地地层分布、地基土分层参数如下:

①单元层:杂填土( $Q_4^{ml}$ ),杂色,稍湿,结构松散,主要成分为粘土,层厚 1.88 m;

②单元层:粉质粘土( $Q_4^{pl}$ ),黄褐色,可塑,局部硬塑,场地局部含少量碎石,姜石含量约 3%,最大 5~6 cm,层厚 7.22 m;

③单元层:卵石( $Q_4^{pl}$ ),灰色,母岩成分为灰岩、白云岩,卵石含量约 60%左右,砾石含量约 25%,粒径一般为 2~5 cm,最大达 15 cm,层厚 4.40 m;

④单元层:粉质粘土( $Q_3^{pl}$ ),棕黄色,硬塑,局部可塑,含少量角砾和铁锰质结核,层厚 5.90 m;

⑤单元层:粉质粘土( $Q_2^{pl}$ ),棕红色,硬塑,局部坚硬,含姜石约 2%,粒径一般为 0.5~3.0 cm,最大 6.0 cm,层厚 21.50 m;

⑥单元层:残积土( $Q_2^{pl}$ ),棕黄色,碎石含量约 30%,角砾含量为 10%左右,含粉质粘土约 60%,层厚 2.33 m;

⑦单元层:风化层( $P_2$ ),母岩成分为泥岩或粉

收稿日期:2008-10-06

作者简介:王桂(1977-),男(汉族),河南新乡人,河南省水文地质工程地质勘察院水文勘测处副主任、工程师,岩土工程专业,从事岩土工程施工技术工作,河南省新乡市宏力大道 267 号, wangui150@163.com。

砂岩,灰黄色或灰色,上部为强风化层,下部中风化,层厚3.14 m;

⑧单元层:长石石英砂岩( $P_2$ ),灰白色,主要成分为石英,石英含量60%~70%,岩体质量等级为Ⅱ级,层厚1.76 m;

⑨单元层:泥岩( $P_2$ ),灰黄、灰白色,泥质、粉砂泥状结构,最大揭露厚度19.6 m。

#### 4 质量控制和技术措施

根据挤扩支盘桩的施工特点,施工中应从以下几个方面采取措施确保施工质量。

##### 4.1 钻机的选择及钻孔施工工艺

###### 4.1.1 钻机的选择

根据工程场地的地质条件,结合本工程特点,我们采用DERC150型旋挖钻机2台。该桩机的特点是效率高,移动方便、迅速。机械技术设计性能完全能够满足该桩基工程设计技术要求。

钻机参数为:钻孔直径600~1500 mm,钻孔深度50 m,钻机高度20 m,匹配动力150 kW。

另外在施工期间,为配合旋挖钻机施工,配备了冲击钻机5台,灌注钻机2台。

###### 4.1.2 埋设护筒与设备就位

为保证桩位偏差在规范允许范围之内并防止坍孔,根据地层情况在地表土层不稳定孔位埋设护筒,埋设护筒前用全站仪定位,水准仪找平。护筒采用6 mm钢板卷制,内径为1000 mm,长度1.0 m。设备就位时,做到水平、稳固,使钻具中心、钻头中心与桩位三点一线,以保证钻孔垂直度达到设计要求。

###### 4.1.3 泥浆性能设计

根据工程勘察报告提供的资料,该施工场地成孔深度范围内主要为卵石、粉质粘土、地表为杂填土,成孔钻进中,除采用优质泥浆护壁外,还应采取以下工程技术措施保证成孔质量。

(1)成孔后任何情况下,泥浆都应充满钻孔,尤其在安装钢筋笼和因故停待时,钻孔内不可缺浆,以保持一定的静水压力防止塌孔。

(2)严格控制泥浆失水量和泥皮厚度,以保证桩身侧摩擦力。

(3)加强施工管理,加快单桩施工速度,及时清除废浆、废渣。

###### 4.1.4 钻进及清孔作业

根据场地地层特征,地下水位以上采用干作业成孔,钻进至地下水位以下合理利用泥浆护壁成孔。开孔时轻压慢转,当钻进达到一定深度时,采用正常

钻进参数钻进。施工过程中及时清除地面废浆、孔内弃土,达到设计成孔深度后,应严格按照操作规程进行清孔,清孔采用旋挖钻直接清孔法,清孔结束,孔底沉渣应达到规范规定和设计要求,即:孔底沉渣厚度 $\leq 100$  mm。

##### 4.2 承力盘持力层判定

本工程设计支盘为桩底以上1.0 m,一盘两支,盘支间距3.00 m,钻进过程中应随时注意观察钻机取土情况,确定所钻进的地层与地质勘察报告是否相符,出现异常情况时及时调整桩长以确定支盘位置。

##### 4.3 挤扩作业

(1)第④层卵石层,卵石含量约60%左右,砾石含量约25%,胶结物含量较少,胶结程度差,基本呈现松散状态,挤扩支盘时弓压臂始终与土体紧密接触,极易造成塌孔。因此,下入支盘器时应尽量减少对卵石的扰动。

(2)挤扩机具入孔前检查接长杆、油管、液压装置、弓压臂分合情况,一切正常方可投入运行。按设计要求支盘位置标高,在支盘成型机接长管醒目位置标注挤扩支盘深度标志。桩孔垂直度、孔径、孔深经检查符合要求后,挤扩机方可入孔至设计支盘标高自下而上依次进行挤扩分支成盘。

(3)挤扩压力值反映了各土层的软硬程度,此值可判断勘察报告所提供的持力层好坏程度和层位(减薄或起伏)变化。挤扩作业时应仔细观察此值并与勘察报告、实际揭示的地层对照以复核保证承力盘处于良好的持力层面。如遇地质条件复杂多变,承力盘首压力值不能满足预估压力值,可在满足设计盘间距 $\geq 3$  m条件下进行盘位调整。经盘位调整仍不能满足时,则将十字分支改做承力盘。

(4)本工程采用YZJ600支盘成型机,根据弓压臂宽0.3 m、半径0.7 m,可算出一个完整的承力盘至少需挤扩8次方可成盘(取9次)。挤扩机采用人工转动挤扩,挤扩前在孔口分度盘做好刻度标志。为确保成盘的完整性,挤扩时注意观察液压站油位变化并及时同空载油位变化进行比较,以判断支臂是否完全支出至 $\varnothing 1400$  mm,上次挤扩分支结束后旋转 $20^\circ$ 后再进行第二个分支挤扩。

(5)每挤扩成型一个支盘后应及时补充泥浆以保持浆面高度。

##### 4.4 钢筋笼制作、安装

###### 4.4.1 钢筋笼的制作

钢筋笼制作的允许偏差应符合《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-94)的要求。主筋间距允许偏差 $\pm$

10 mm,箍筋间距或螺旋筋螺距允许偏差 ± 20 mm,钢筋笼直径允许偏差 ± 10 mm,钢筋笼长度允许偏差 ± 50 mm。

工程桩钢筋笼通长制作,主筋接头应相互错开,保证同一截面内的接头数目不大于主筋总根数的 50%。

#### 4.4.2 钢筋笼的安装

利用吊车吊放钢筋笼,必要时使用杉木杆加固以防钢筋笼变形。下放钢筋笼前,必须对准孔位,竖直下放,避免碰撞孔壁引起塌方,同时安装扶正器或砼轮,以确保砼保护层的厚度 < 50 mm。固定钢筋笼使用吊筋及压杆,以使钢筋笼标高满足设计要求;保护层允许偏差 ± 20 mm,笼顶标高允许偏差 ± 30 mm。

#### 4.5 二次清孔

桩底沉渣和泥皮会降低桩端阻力和桩侧阻力,支盘后灌注混凝土前应进行二次清孔。首先是在下放钢筋笼前用通过旋挖钻头清除孔底粗颗粒物质,其次是通过泥浆循环带出细颗粒沉渣降低孔底沉渣,并逐步调稀泥浆,最终使沉渣厚度 < 100 mm,粘度 < 28 s 方可停止清孔。清孔完毕立即浇灌砼。

#### 4.6 混凝土灌注施工

本工程采用 C30 商品砼,要求搅拌时间 90 ~ 120 s,拌制好的混凝土采用运输车以最快方式运至待灌孔口,并尽快灌注。

灌注方法为导管灌注法,导管为丝扣连接并加以橡胶圈密封,规格为 Ø219 mm。

### 5 施工中出现的异常情况及对策

#### 5.1 卵石层塌孔、成孔难度大

根据工程勘察报告,第③单元层卵石,灰色,母岩成分为灰岩、白云岩,卵石含量约 60% 左右,砾石含量约 25%,粒径一般为 2 ~ 5 cm,最大达 15 cm,层厚 4.40 m。该层胶结物很少,呈松散状,施工时最大卵石直径可达 30 cm,直立性较差,孔壁稍有震动即有塌孔危险,工程施工前期,2 个钻孔因此停工,工程一度无法进行。

解决办法是:2 个塌孔钻孔用硬塑状粉质粘土回填后压实,用冲击钻机重新施工,余下钻孔由冲击钻机和旋挖钻机同时施工,旋挖钻机利用冲击钻机所造泥浆回填灌至后保护孔壁,这样既可以解决钻孔塌孔问题,以减少泥浆外运工作,并可解决因人工造浆所增加的额外费用。

#### 5.2 支盘机首次入孔无法支撑挤扩

在解决了第③单元层卵石塌孔问题后,在支盘

挤进时也出现了问题。该层层厚 4.40 m,顶板埋深 9.10 m,我们所使用支盘机型号为 YZJ600 型支盘成型机,该型支盘机支杆为伸缩结构,共 4 节,首节长度 9.00 m,加上支盘机体长约 1.50 m,首次下入孔内约 10.00 m 左右,支开后方可抽拉伸缩臂,一次约 9.00 m,首次支撑失去了着力点,无法进行下一步的工作。

采取的解决方法是:在地面横向放置支盘机,在地面将从下面数第二节支杆拔出 3.00 m,先行用穿销固定,等于将下面两节作为一长节使用,这样,在保证支杆入孔长度的情况下,把卵石层放于支盘机首次着力点之上,避免了无法施工的情况。

#### 5.3 卵石层卵石直径大,硬塑粉质粘土层无法施工

第③单元层卵石层卵石直径与勘察不符,卵石直径 > 10 cm 的约占 30% 以上,且最大达 30 cm 以上,常规平底钻头及螺旋钻头根本穿不过去;第④层粉质粘土,棕红色,硬塑状态,施工进尺极慢。

处理方法是:根据场地实际情况改进了螺旋钻头,将螺旋钻头螺旋面间隙加大使其能容下大直径卵石,解决了卵石过大问题,并把螺旋钻头翼片角度适当放大,使其更益于施工硬塑状粉质粘土,施工进度明显加快。

#### 5.4 支盘后下笼难

本工程支盘设计位置在硬塑状粉质粘土层,钢筋笼为全笼,支盘类型为一盘两支,上部为两支,支盘过后硬塑状粉质粘土未支部分突出到孔内,使钢筋笼无法下入到孔内。

解决办法是:利用 2 台旋挖钻机就近原则,即一台旋挖机成孔后即去施工别的钻孔,随后支盘机支盘,支盘后就近旋挖钻机随即清孔,这样相互配合,将中间停待时间减小到最少,有效地提高了施工效率。

### 6 单桩竖向抗压静载试验结果

桩基工程施工结束后,由桩基检测部门与建设部门抽取了 3 根工程桩做静载试验,试验结果见表 1。

表 1 单桩竖向静载试验结果表

桩号	最大加荷 /kN	试验总历时/min	总沉降量 /mm	回弹量 /mm	残余变形 /mm	单桩竖向极限承载力/kN
36	7000	1530	5.35	2.93	2.42	≥7000
57	7000	2060	10.04	5.37	4.67	≥7000
75	7000	1860	8.22	4.91	3.31	≥7000

表 1 压水检测结果

区域	孔号	孔深 /m	水位 /m	试验段				试段流量 / $(L \cdot \min^{-1})$	试验设备
				深度/m		试段压力 /MPa	段数		
				起	止				
不稳定区	Z10	92.90	1.7	25.00 90.00	28.00 92.90	0.717	2	12.16 13.83	KT-70/DF-70
	Z3	27.89	19.3	25.00	27.89	0.893	1	13.0	KT-70/DF-L32HZ
天子庙隧道	Z76	116.1	51.5	62.5 113	64.5 115	0.815	2	8 8.8	KT-70/DF-70
	Z82	81.97	6	32.86 80.07	34.65 81.65	0.76	2	10.66 8.83	KT-70/DF-70
官沟大桥	Z90	246.67	4.3	112 240	114 247	0.743	2	12.5 20.5	KT-70/DF-70
	Z113	304.18	6.6	176	179	0.766	1	4.12	KT-70/DF-L32HZ
西沟新村	Z25	36.6	5	23	36.6	0.7	1	4	KT-70/DF-L32HZ
	Z24	45	44	33	45	0.7	1	126	KT-70/DF-L32HZ

作方便、性能可靠,是检验灌注浆质量的有效手段之一,可在灌注浆效果检验和其它压注水试验中推广使用。

**参考文献:**

[1] SL 31-2003,水利水电工程钻孔压水试验规程[S].  
 [2] 李炳平,等.阳泉市 307 国道复线采空区治理工程工后检测孔压水试验报告[R].2007.

(上接第 65 页)

综合分析静载试验的沉降观测数据及  $Q-s$  曲线可知,桩的沉降稳定快、沉降量小、沉降差小; $Q-s$  曲线属缓变形态,在最终荷载加至 7000 kN 时曲线斜率增大不多,尚未出现陡降趋势,卸载后桩回弹率高,说明尚未达到极限荷载,承载力尚有一定余量,实际承载力大于设计承载力要求。

15%。

(2)本工程地质情况比较复杂,位于洪积斜地中上部,地层多为卵石及硬塑状粉质粘土,施工相当困难,通过施工难点分析为挤扩多支盘桩在同类地区施工提供了一定的施工经验。

(3)挤扩多支盘桩能充分发挥桩周地基土的潜力,提高单桩竖向承载力、缩短桩长、降低造价、缩短工期,值得推广应用。

**7 结语**

(1)本工程采用挤扩支盘桩是成功的。根据岩土工程勘察报告提供的数据计算,采用普通钻孔灌注桩桩长 30 m 时,单桩竖向极限承载力标准值为 7028 kN,采用挤扩支盘桩桩长 25 m 时,单桩竖向极限承载力标准值  $\geq 7000$  kN,节约工程成本 10% ~

**参考文献:**

[1] 编委会.建筑施工手册(第 3 版)[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.  
 [2] DLGJ 153-2000,火力发电厂支盘灌注桩暂行技术规定[S].

(上接第 68 页)

**8 结论与建议**

根据施工中数据的分析,得出以下结论与建议。

(1)土坝高喷防渗墙选用大排量高压旋喷施工工艺,施工中选用的参数虽然有所保守,但对于这种永久工程的永久防渗来说还是必要的,建议在以后的临时工程中可以适当加大提速、增大孔距,从而充分利用大流量高喷工艺的有利空间。

(2)若施工过程中出现异常情况,需进行复喷,复喷搭接长度  $\leq 0.5$  m。

(3)高频大功率振动锤在泥岩且上部风化岩层

时很难准确判断深度,在施工中入岩深度建议再增加至 1 m,或在施工前应采用取心钻机沿防渗轴线取心,确定准确的防渗墙底线。

(4)孔斜控制尤为重要,特别是对于深度  $> 15$  m 的防渗墙,其孔斜对墙体的连续性、整体性影响较大,因此振动锤在满足地层适应情况下尽可能用小功率,控制沉入速度,同时加强旋转,从而控制偏斜。

(5)大流量旋喷灌浆工艺可以拓展应用到其它领域,如粗径桩(单桩直径可达 1.2 ~ 1.3 m),从而更进一步推动这项技术的发展。