

# 引孔振动沉管灌注桩在北京东方乙烯工程砂基中的试验应用和评价

苏 振 兴

(中国航空工业勘察设计研究院 北京 100086)

引孔振动沉管灌注桩是近年来在水下灌注桩施工中发展起来的一种新的小直径水下灌注桩施工工艺。它具有比其它桩型水下灌注桩施工速度快、施工现场文明、单方混凝土承载力高、造价低等优点，具有很好的经济效益。

## 1 工程概况

北京市东方乙烯工程是北京国家八五计划一号工程，位于通县东方化工厂内。乙烯装置区是该工程的重要组成部分，部分设备由国外引入，对地基承载力等项综合指标要求严格。中国环球化学工程公司对重要设备基础设计为引孔振动沉管灌注桩，监理总桩数648根，桩径为400mm，桩长为14m。

## 2 工程地质条件

乙烯装置区场地较平坦，场地地层一般表层有厚度约1m左右的填土，以不均匀的松散粉砂为主；其下30m范围内以第四纪冲积(Q<sup>4</sup>)的粉土及砂层为主；其中，第②层粉砂为风积而成；第③层为高压缩性粉质粘土；第④层为中等压缩性粉土；第⑤层为粉砂；第⑥层为中砂。地下水在4.5m以下，地层埋深情况见图1。

## 3 四种桩型的试验和最佳桩型的选取

对潜水钻孔灌注桩、螺旋钻孔压浆柱、振

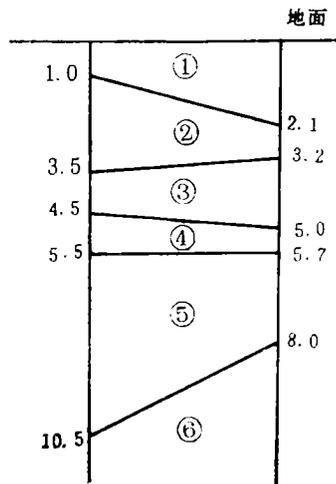


图 1 地层剖面图

动沉管灌注桩、引孔振动沉管灌注桩四种桩型各施工3根桩，各种桩型设计参数见表1。

表 1

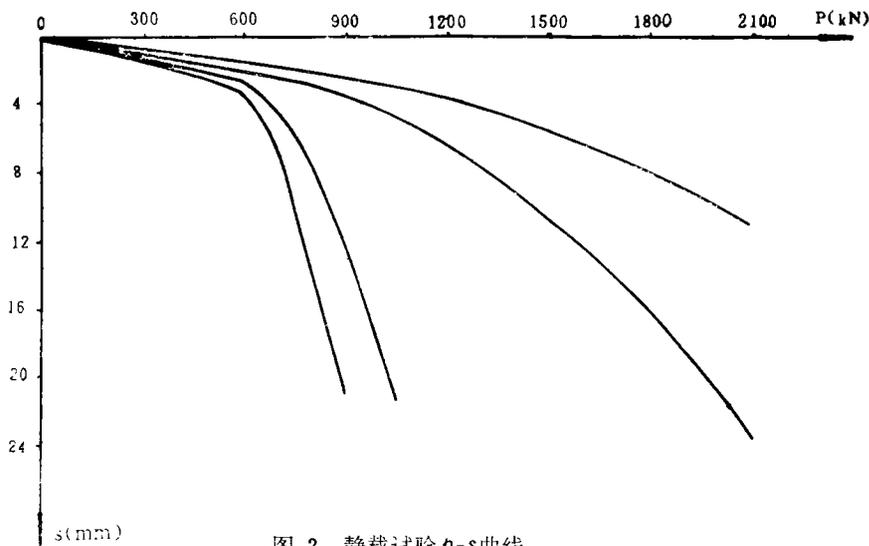
桩 型	桩径 (mm)	桩长 (m)	主筋型号	混凝土标号
A型振动沉管灌注桩	450	12	8φ16	C20
B型引孔振动沉管灌注桩	400	14	8φ16	C20
C型螺旋钻孔压浆桩	500	14	8φ16	C20
D型潜水钻孔灌注桩	500	14	8φ16	C20

每种桩在施工结束，强度符合要求后进行

了静载试验，试验结果见表2和图2。

表 2 各种桩型承载力

桩 型	承载力标准值 P (kN)	P对应的沉降量 (mm)	单方混凝土承载力 (kN/m <sup>3</sup> )	水平临界载荷 (kN)	桩的破坏形式
A	375	1.5	196		桩身强度破坏
B	935	4.1	531	52	桩身强度破坏
C	1085	5.5	395	40	桩身强度破坏
D	610	2.8	222	52	地基土强度破坏

图 2 静载试验  $P-s$  曲线

由施工及试验结果可知:

**A型桩:** 场区内5.5m以下为砂层, 振动导致桩管周围砂层密实, 施工中不能打入设计标高, 桩长达不到设计要求, 承载力低, 不宜选取。

**B型桩:** 由于在砂层中直接沉管不能沉入设计标高, 故采用先引孔, 后沉管, 比其它水下灌注桩施工速度快, 施工现场文明, 单方混凝土承载力较高。

**C型桩:** 此种桩型为螺旋钻成孔后, 压入水泥浆, 安放钢筋笼、抛石子。若没有很有经验的施工队伍, 施工质量不容易控制, 此次静载试验, 桩基破坏都是由于桩身强度破坏。

**D型桩:** 施工现场泥浆较多, 且潜水钻孔灌注桩易在孔壁形成一层泥皮, 桩周摩阻力不能充分发挥。静载试验表明, 桩的破坏都是由于桩周土强度破坏。

比较上述四种桩型, 可见引孔振动沉管灌注桩具有施工速度快, 泥浆用量少, 由于沉管挤密作用能充分调动桩侧和桩端土层的承载力, 单方混凝土承载力在灌注桩施工中最高, 成本最低。故本工程选用引孔振动沉管灌注桩。但由于本次试桩的施工质量问题, 引孔振动沉管灌注桩在桩侧阻力与桩端阻力尚未达到极限之前, 桩身混凝土便已压坏, 因

此在工程施工中都必须严格控制施工质量。

#### 4 引孔振动沉管灌注桩的施工

引孔振动沉管灌注桩是先引比沉管直径小10cm, 比沉管深度浅0.5m的孔, 从钻杆中心压入已调配好的泥浆后, 安放桩尖, 沉管下钢筋笼、灌注混凝土成桩。

##### 4.1 预制桩尖, 制作钢筋笼, 配制泥浆

桩尖若在工厂预制, 必须经检查合格后才能运至工地; 若在现场预制桩尖, 必须等强度达到要求后才能使用。

**制作钢筋笼:** 钢筋笼的配筋率为0.16%, 钢筋笼外径必须小于沉管内径10cm, 长度必须比沉管底浅1.5m以保证沉管底有足够的封底混凝土, 钢筋笼吊筋长度应按孔口标高计算。

**配制泥浆:** 配制泥浆应使用二级以上膨润土, 应加适量的木质纤维素, 泥浆按比例搅拌好, 过滤后存放至泥浆池内待用。

##### 4.2 引孔

选用长螺旋钻引孔, 引孔孔径300mm, 钻头对位偏差小于5cm。开钻前将钻头喷浆口用纸卷堵住, 钻至设计深度后, 将钻杆稍提20cm开始压浆, 提升速度必须匀速, 以保证泥浆填充量, 避免塌孔。泥浆必须充填到孔口, 沉管前5min内必须实测孔深、孔径;

塌孔必须复引孔,孔径要求不变。

#### 4.3 搅拌混凝土

混凝土搅拌站应离施工场地较近,避免长距离运输导致混凝土离析,混凝土标号为C20,坍落度应控制在8~10cm,和易性要好。

#### 4.4 沉管安放钢筋笼及灌注混凝土

沉管机型选用90型轨道式和60型滚筒式,管外径选用377mm。预制桩尖安放好后,移动沉管机,将管底安放在桩尖上,在桩管内先灌入高1.5m左右的封底混凝土,方可开始沉管。沉至设计深度或满足贯入度要求2cm/min后,吊入钢筋笼,固定就位继续灌注混凝土到设计量后拔管,拔管速度必须匀速,速度不得大于80cm/min。

#### 4.5 工程监理

针对试桩的破坏都是由于桩身质量造成的事实。为避免工程桩中出现桩身质量问题,现场应选派有专长的工程师对每根桩包括桩的成孔、钢筋笼制作、混凝土配制与原材料质量、混凝土工艺等的全过程实施监督、检查及质量评定,审核施工质量事故的处理措施,并监督执行。

#### 4.6 事故处理

(1) 引孔后实测孔深达不到要求,原因可能是泥浆比重或粘度不符合要求,或拔钻速度太快。解决办法是重新配制泥浆,经检查泥浆比重粘度必须符合要求后才能压浆。若塌孔必须复引孔,孔径要求不变,每沉一桩前只可提前引一孔,并注意泥浆质量和充填量,避免塌孔和复引孔。

(2) 沉管时窜浆:若在砂层中桩距较近,会出现沉管时临近已引好的孔冒浆或临近已成桩的混凝土未达到初凝导致窜浆。对于砂层中桩距较近者,解决办法是必须实行间隔跳打。砂层中桩距应为2.5m以上。

(3) 管内有泥浆,封底混凝土未封好,导致漏浆。可能是封底混凝土坍落度过稀或封底混凝土量过少,应用小吊桶在管内将泥浆提出或用抽筒将泥浆抽出,处理好封

底再行压浆。

(4) 钢筋笼上浮或下沉:可能是未固定好。若钢筋笼上浮,应立即插通长主筋至孔底;若下沉,立即派人开挖至钢筋笼顶面,清理干净焊接后,灌至设计标高。

(5) 桩尖嵌入桩管内:可能是桩尖强度不够或土层太硬激振力过大,振动时间过长,使桩尖嵌入桩管内。发现后应将桩管在孔底上下提拉,靠桩管内混凝土自重将桩尖冲开。若上下提拉仍解决不了问题,应立即将桩管拔出,派人将桩尖钻出;若桩尖嵌入太多,在桩管内混凝土初凝前凿不出,应立即切除长30cm底部钢管,振掉桩管内混凝土,分段切除钢筋笼,避免桩管内混凝土凝固导致桩管报废。对已沉管的桩孔立即回填土,夯实后重新引孔,第二次沉管。

### 5 检测与评价

#### 5.1 检测

沉管灌注桩施工结束混凝土强度达到设计标号后,对桩的承载力进行大应变检测,共抽检裂解炉区8根工程桩,各桩试验结果见表3。

表 3

桩号	桩径 (mm)	桩长 (m)	极限承载力 (kN)	容许承载力 (kN)
81	400	14.6	1460	730
105	400	12.8	1986	993
121	400	13.9	2067	1034
133	400	14.5	1478	739
152	400	13.4	1902	951
183	400	13.7	2039	1020
192	400	14.6	1859	930
194	400	13.8	1644	822

对以上8根桩进行分析,变异系数按下式计算

$$\text{平均值: } u = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^8 u_i}{8} = \frac{7219}{8} = 902 \text{ kN}$$

标准值:

(下转第25页)

论下伏基岩是硬是软,泥石流拖曳造成基岩变形的深度较浅,只限于表面,而冰川推压造成的基岩变形深度较大,并有褶皱、断裂现象。二是堆积体内部的变形现象。如本文碧云寺沟口南侧堆积体中在空间受挤压弯曲变形现象所示,所有包容在其中的环状、漩涡构造、透镜状亚粘土、砂粒及细粒物质绕流现象是泥石流后续部分推挤前缘部分造成的,它反映了泥石流龙头部位松散物质抛举跌落的形成过程。其弯曲变形是按预定位置就坐的一些结构,它们与冰川堆积中透镜状、蜂窝状或拱曲斜层有所区别。

至于崩积和滑坡造成的混杂体则与重力作用有关,它们属于块体运动性质。总体特征是巨砾大小悬殊,无层次,无分选,孔隙度大,裂隙、孔洞多。其中,崩塌堆积具惯性分选的特点,块石远大近小,岩性单纯而新鲜,呈棱角状。局部有斜层构造,但无组构发育。而滑坡体则是一种碎裂体。近距离滑坡体始终保持层状、块状堆积特征,远距离滑坡体呈舌状,有推覆挤压透镜构造和条带结构,但滑动过程中裂隙较多,也不具备泥石流的一些沉积结构。

总之,在对沉积特征、地貌部位和沉积环境几方面进行综合考虑之后,各种混杂堆积体的成因是可以区分的。

### 3 结语

(1) 以线状、面状流动结构为主的一系列沉积特征反映了泥石流内部的运动状况,无论是现代、古老泥石流及不同类型泥石流都遵循顺流动和塑性变形的客观规律。目前已建立的一套综合标志经常被用来区别于其它混杂堆积体,并取得良好效果。但在野外勘察中还尚未引起足够的注意。一个地区的泥石流活动有继承性,对第四纪古泥石流的形态研究有助于识别现代泥石流。

(2) 泥石流可在沟床、沟口和坡面上产生。由于流态变化较快,粘性泥石流可以迅速变为稀性泥石流。剖面中可以出现洪积层或参杂其它夹层。在生产实践中要严格区分各种混杂堆积体,并需防止泛泥石流观。

(3) 在崩塌、滑坡严重地段有可能发展成为泥石流,因此,要加强预测,以便及时作好防治措施。同时,也应注意对小型坡面泥石流的调查研究。

(上接第14页)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n u_i^2 - nu^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 u_i^2 - 8u^2}{8-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{6619611 - 6508832}{8-1}} = 125.80$$

$$\text{变异系数: } \sigma = \frac{\sigma}{u} = 0.14$$

因为变异系数小于30%,可取平均值作为桩的容许承载力,故容许承载力可确定为902kN,满足设计要求800kN。

对桩身质量进行小应变检测,小应变按规范规定20%比例进行抽检,共抽检134根

桩,合格率为98%。可见对工程桩实行监理,桩身质量容易保证。

### 5.2 评价

通过桩的试验、施工、监理及检测可知,引孔振动沉管灌注桩是在有地下水存在的各种地层中施工,施工场地干净文明,每台班可施工16根 $\phi 400\text{mm}$ 长14m的桩,桩的质量可以保证。此种施工工艺解决了小直径( $\phi 400\text{mm}$ ,  $\phi 500\text{mm}$ )以下灌注桩的施工难题,具有比其它施工工艺无法比拟的优越性。沉管过程中使桩侧和桩端的土层挤密,使得单方混凝土承载力最高、成本最低,具有广阔的发展前途。