

# 钻孔咬合桩在东旱门过江隧道工程中的应用

楼步新

(核工业井巷建设公司,浙江 湖州 313000)

**摘要:**首先介绍了钻孔咬合桩的工艺原理、工艺流程,分析了钻孔咬合桩技术特性;然后通过对东旱门过江隧道基坑围护咬合桩施工情况分析,提出了钻孔咬合桩施工关键技术;最后总结了钻孔咬合桩在基坑工程应用中的优点。

**关键词:**钻孔咬合桩;全套管冲抓施工;过江隧道;围护结构

**中图分类号:**TU473.1<sup>+</sup>4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)05-0056-03

**Application of Bored Interlocking Pile in Donghanmen River-crossing Tunnel Engineering/LOU Bu-xin** (Nuclear Industrial Well and Tunnel Construction Company, Huzhou Zhejiang 313000, China)

**Abstract:** The paper introduced the technical principle and process flow, analyzed the technical characteristics of the bored interlocking pile; by the analysis on foundation pit protection interlocking pile construction of Donghanmen river-crossing tunnel, the key technology was put forward. The advantages in application of bored interlocking pile for foundation pit engineering were summed up.

**Key words:** bored interlocking pile; percussive grab with full case; river-crossing tunnel; perimeter structure

## 1 钻孔咬合桩工艺

### 1.1 工艺原理

钻孔咬合桩是平面布置的排桩,相邻单桩相互咬合(桩圆周相嵌),从而形成能起到挡土、止水作用的钢筋混凝土“桩墙”,主要用于构筑物的深基坑临时支护结构。

钻孔咬合桩采用全套管钻机施工钻孔,相邻单桩之间相互咬合而形成桩墙。为便于切割,桩的排列方式一般为一根素桩(A桩)和一根钢筋桩(B桩),A桩采用超缓凝混凝土,要求必须在A桩混凝土初凝之前完成B桩的施工。B桩施工时采用全套管钻机切割相邻A桩相交部分的混凝土,实现咬合。如图1。

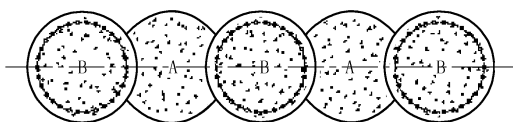


图1 咬合桩平面示意图

### 1.2 工艺流程

单根桩施工工艺流程如下:

平整场地→测设桩位→施作咬合桩导墙→套管钻机就位对中→吊安第一节套管→测控垂直度→压入第一节套管→校核垂直度→抓斗取土,套管钻进→测量孔深→清除虚土,检查孔底→钢筋混凝土桩

吊放钢筋笼→放入混凝土灌注导管→灌注混凝土逐次拔管→测定桩顶混凝土面→套管钻机移位。

排桩的施工工艺流程如下:

每台(套)机组分区独立作业,也可多台(套)机组跟进作业。单机成桩作业顺序为A1→A2→B1→A3→B2→A4→B3→A5→……,如图2。单桩成桩时间约15h,以保证B桩在A桩混凝土初凝前顺利切割成孔。

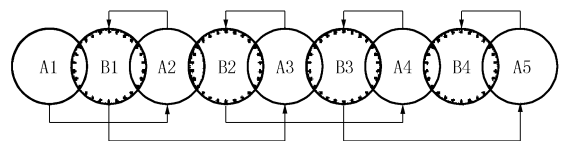


图2 排桩施工流程

### 1.3 技术特性

钻孔咬合桩是利用超缓凝混凝土的特殊性能,采用全套管钻机按专门工艺成孔、成桩的一种特殊桩型,通过桩与桩之间的咬合搭接,形成挡土截水的连续排桩围护结构。与软土地区几种常用围护结构技术比较见表1。

综合对比表明,钻孔咬合桩具有以下优点。

(1) 环保效果好;噪声底,振动小;由于应用全套管护壁,不使用泥浆,无泥浆污染环境的忧虑,施工现场整洁文明,很适合于在市区内施工。

收稿日期:2010-04-12

作者简介:楼步新(1960-),男(汉族),浙江东阳人,核工业井巷建设公司工程师,地质工程专业,从事工程施工管理工作,浙江省湖州市凤凰路581号。

表 1 软土地区 5 种常用围护结构技术特性比较

挡土结构	经济开挖深度/m	现场要求	施工占地	施工工艺	对环保影响	整体刚度	抗渗漏	桩(墙)体质量	技术成熟程度	与永久结构关系	与结构抗浮关系	费用
水泥土搅拌桩	6~10	较少	较大	较简单	小	一般	较好	较好	熟练	临时结构	与主体结构抗浮无关	低
SMW 工法桩	6~14	较少	小	较复杂	小	较大	较好	较好	熟练	临时结构	与主体结构抗浮无关	低
钻孔灌注桩 加止水帷幕	6~15	一般	较大	较简单	大	较大	一般	一般	熟练	可作为永久结构的一部分	与主体结构拉结,对主体结构抗浮有利	一般
全套管钻 孔咬合桩	10~20	一般	小	较复杂	小	较大	好	好	熟练	可作为永久结构的一部分	与主体结构拉结,对主体结构抗浮有利	一般
地下连续墙	20~40	较高	大	复杂	大	大	好	好	较熟练	可作为永久结构的一部分	与主体结构拉结,对主体结构抗浮有利	高

(2)成孔和成桩质量高:取土时因套管插入整个孔内,孔壁不会坍塌;易于控制桩断面尺寸与形状;含水比例小,较容易处理孔底虚土,清底效果好;充盈系数小,节约混凝土。

(3)可在各种杂填土(含有砖渣、石渣及混凝土块等)中施工,适合旧城改造工程的基础施工。

(4)因应用全套管护壁,可靠近既有建筑物施工。

(5)因应用全套管护壁,可避免泥浆护壁法难以解决的流沙问题。

## 2 工程应用

东早门过江隧道位于余姚市东早门路,隧道南起万年桥路,下穿余姚市最良江(余姚段杭甬运河),北接世南东路,全长约 623.699 m。

### 2.1 工程地质概况

场地为第四系沉积物,属海积、冲积平原,滨海(湖沼)相软土。勘察揭露的场区内地层自上而下为:

①杂填土:主要为道路地坪水泥混凝土、含粘土碎石的塘渣,碎石含量在 40% 左右,厚度 2.0~5.2 m;

②淤泥质粘土:灰色、软~流塑,压缩性高,土质较均匀,局部为淤泥、淤泥质粉土,整体工程性能差,厚度 2.8~12.0 m;

③粉质粘土:灰黄~褐黄色,可塑,局部软~可塑状,整体工程性能稍好,厚度 1.2~9.1 m;

④粉质粘土:灰黄~褐黄色,软~可塑,韧性中等~高,厚度 0~9.4 m;

⑤<sub>-1</sub>淤泥质粉质粘土:灰~灰黄色,软~流塑状,很湿,饱和,整体工程性能较差,厚度 5.0~10.1 m;

⑤<sub>-2</sub>粉质粘土:灰~灰黄色,饱和,很湿,韧性好,干强度中高,局部分布,厚度 0~5.2 m;

⑥粘土:青灰色,可塑,湿,韧性好,干强度中高,

厚度 3.2~6.0 m;

⑦粉质粘土:青灰色,软~可塑,湿,韧性好,干强度高,厚度 ≥6.1 m。

场地的地下水主要赋存于上部亚粘土,浅层孔隙型潜水,主要受大气降水和河水渗入补给,地下水位随季节和气候动态变化,勘探期间在勘探孔内测得潜水地下水位埋深为 1.80~2.00 m。

### 2.2 基坑围护结构

隧道基坑分为 3 段,最良江南岸段、最良江江心段、最良江北岸段。最良江两岸基坑采用明挖顺做法施工,两段明挖基坑总长 449.32 m,基坑宽度 10.4 m,基坑开挖深度 3.0~12.35 m,基坑围护结构边距离最近的居民小区楼房约 5 m,小于 1 倍基坑开挖深度;根据相关基坑设计规范,本工程基坑对地表的沉降控制要求很高。江心段基坑采用盖挖逆做法施工,盖挖段总长 51.83 m,基坑宽度 20.0 m,基坑开挖深度 6.9~7.7 m;江心段基坑处于原东早门桥桥位处,基坑施工范围内存在不确定的老桥桩障碍物。

综合工程场地地质条件、施工条件、周边环境条件以及钻孔咬合桩技术特性,在对各种围护结构形式比选后,最终选择了钻孔咬合桩这一新工法。基坑围护结构采用 Ø1000 mm 钻孔咬合桩,相邻两桩咬合量为 200 mm,桩长为 8.8~24.4 m,共有 1700 多根桩。咬合桩分为 A 桩和 B 桩,A 桩为 C20 超缓凝水下素混凝土桩,B 桩为 C30 水下钢筋混凝土桩。这种咬合桩围护结构经后期开挖和使用验证,证明具有良好的防渗和支挡效果,图 3 是施工后期咬合桩开挖后的断面情况。

### 2.3 咬合桩施工设备

咬合桩施工设备采用了中国地质科学院勘探技术研究所研制的 CGJ-1500 型搓管机、Ø1000 双壁套管和 Ø850 冲抓斗。搓管机有独立的电机驱动液压力源,与 50 t 履带吊机配套使用,吊机用来悬挂抓斗进行套管内的冲抓取土作业。



图3 咬合桩开挖后的断面

CGJ-1500型搓管机的主要技术参数:

搓管直径 1000~1500 mm;

额定搓管扭矩 1900 kN·m;

额定压管力 1600 kN;

额定拨管力 2120 kN;

搓管摆角 25°;

给进行程 500 mm;

泵站功率 110 kW;

搓管机质量 22 t。

咬合桩部分施工段临近小区居民楼房,由于全套管施工在成孔和灌注两个阶段均是钢套管护壁,因此施工中对临近建筑物地基基础无扰动,冲抓为干式成孔无泥浆污染,施工过程中噪声和震动小,符合环保要求,不扰民。咬合桩施工现场如图4所示。



图4 全套管冲抓咬合桩临近建筑物施工

### 3 钻孔咬合桩施工关键技术

#### 3.1 桩垂直度控制及纠偏措施

根据我国《地下铁道工程施工及验收规范》(GB 50299-1999)第3.1.5条规定,桩的垂直度允许偏差为3%。

##### 3.1.1 咬合桩垂直度主要控制措施

(1)套管的顺直度检查和校正:施工要求单节套管顺直度偏差 $\leq 5$  mm,整根套管顺直度偏差 $\leq 10$  mm,抱管器垂直度 $\leq 1/500$ 。

(2)成孔过程中桩的垂直度监测和检查:施工中在地面选择2个相互垂直的方向采用经纬仪或线锤监测地面以上部分的套管的垂直度,发现偏差时及时纠偏。

#### 3.1.2 咬合桩纠偏主要措施

成孔过程中如发现垂直度偏差过大,必须及时进行纠偏调整,纠偏的常用措施有以下3种。

(1)利用钻机油缸进行纠偏:如果偏差不大或套管入土不深(5 m以内),可直接利用钻机的2个顶伸油缸和2个推拉油缸进行纠偏。

(2)A桩孔的纠偏方法:如果A桩孔在入土5 m以深发生较大偏移,可向套管内回填砂或粘土,一边填土一边拔起套管,直至将套管提升到上一次检查合格的地方,然后调直套管,检查其垂直度合格后再重新下压。

(3)B桩孔的纠偏方法:B桩孔的纠偏方法与A桩基本相同,其不同之处在不能向套管内填土而应填入与A桩相同的混凝土,以防在桩间留下土夹层,从而影响排桩的防水效果。

#### 3.2 超缓凝混凝土缓凝时间确定

超缓凝混凝土主要用于A桩(素混凝土桩),其作用是延长A桩混凝土的初凝时间,以达到其相邻B桩(钢筋混凝土桩)的成孔能够在A桩混凝土初凝之前完成。A桩混凝土缓凝时间应根据单桩成桩时间来确定,单桩成桩时间与施工现场地质条件、桩长、桩径和钻机能力等因素相关。

根据咬合桩施工工艺,A桩初凝时间为:

$$T = 3t + k$$

式中: $t$ ——单桩成桩时间,一般取15 h; $k$ ——储备时间,一般取1.0 $t$ 。

#### 3.3 分段施工接头的处理方法

当现场不具备连续作业条件时,须在暂时无法连续施工B桩位置设置砂桩,解决分段施工存在的接头问题。即先采用全套管钻机在B桩位置切割相邻A桩成孔,然后向孔内回灌中粗砂填充。在下次施工至此B桩时再采用全套管钻机进行二次成孔,灌上混凝土即可。

#### 3.4 地下障碍物的处理方法

遇到较大障碍物不能正常施工时可以先将冲抓斗换成十字冲锤击碎障碍物将其清除。遇到管线、钢筋、工字钢等时,先抽干套管内积水,然后再吊放作业人员下去用氧气焊工具吹断处理。遇到废弃桩基不能人工处理时,采取绕开原则,待基坑开挖时凿除。

(下转第63页)

- (1) 围护墙体顶端水平位移及沉降;
- (2) 邻近地下管线、构筑物的水平位移及沉降;
- (3) 围护墙体测斜;
- (4) 支撑轴力;
- (5) 坑内外地下水位,每日抽水量;
- (6) 立柱水平位移、沉降监测。

#### 4.6.2 监测要求

(1) 围护结构施工前,须测得初读数。

(2) 在基坑降水开挖期间,须做到一日一测。在基坑施工期间,可视测得的位移及内力变化情况加密或减少。测得的数据应及时上报业主及围护设计单位。

(3) 报警值:一般情况下,水平、垂直位移  $> 5 \text{ mm/d}$  或累计大于  $35 \text{ mm}$ ;管线大于  $2 \text{ mm/d}$  或累计大于  $10 \text{ mm}$ ;坑外地下水位降达  $500 \text{ mm}$ 。

若测试值达到上述界限须及时报警,以引起各方面重视,施工单位应会同设计单位一起进行分析,并考虑采取相应的控制位移及沉降的措施。

### 5 实施效果

经几月的开挖施工、基础底板浇注,从本工程监测数据可知:基坑周边最大累积沉降  $33 \text{ mm}$ ,沉降速率  $\leq 5 \text{ mm/d}$ ,沉降、位移均在规定范围内,控制效果良好,满足要求。

监测结果说明本工程在计算理论和设计参数的选取以及施工工艺上是合理的。同时表明严格按照设计意图要求施工,并做好施工质量管理,实时监测,完全可以将施工期间基坑的变形和对周围环境

的影响控制在允许范围内。

### 6 结语

本深基坑工程采用钻孔灌注桩+双头水泥土搅拌桩隔水+2道支撑进行围护,设计施工方案合理,施工控制到位,取得了令人满意的效果。

由于地下工程的复杂性与不可预见性,应做到信息化施工,在施工过程中,根据实测数据综合分析,及时调整与优化施工。

### 参考文献:

- [1] 胡建华,谢石连,付奕.复杂环境下的某深大基坑工程设计施工[J].建筑施工,2009,31(5):336-337.
- [2] 阳吉宝,谢石连,崔永高.软土地区采用复合土钉墙进行浅基坑围护的工程实例分析[J].地下空间与工程学报,2005,1(6):1132-1134.
- [3] 杨永宁.上海九百城市广场深大基坑围护成套施工技术[J].建筑施工,2004,26(3):185-187.
- [4] 杨林德,仇圣华,杨志锡.基坑围护位移量及其稳定性预测[J].岩土力学,2001,22(3):266-270.
- [5] 陈朝辉,高伟.旧城区改造中深大基坑围护的设计与施工优化[J].建筑施工,2004,26(5):376-377.
- [6] 梁志荣.“深坑化浅坑”应用于深大基坑围护结构的实践[J].地下空间,2004,24(5):708-712.
- [7] 史世雍,李烈刚,刘涛.深基坑围护墙与支撑体系相互作用有限元分析[J].地下空间与工程学报,2007,3(2):294-301.
- [8] 谢石连,刘颖.土力学与基础工程[M].海口:海南出版社,2007.
- [9] 编写组.基础工程施工手册[M].北京:中国计划出版社,2002.

致谢:本文还参考了上海市闵行区、徐汇区有关场地的资料,没能注明出处,谨此致谢。

而不用担心常规泥浆护壁成孔桩塌孔引起地表沉降问题。

实践证明,咬合桩具有施工便捷,投资节省的优点,能取得较好的经济和社会效益。

### 参考文献:

- [1] 沈保汉,刘富华,刘波,等.捷程Mz系列全套管钻孔咬合桩[J].建筑技术,2006,(8).
- [2] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].
- [3] 刘建航,侯学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [4] 宋志彬,冯起赠,王年友,等.CG型全套管冲抓成孔设备在桩工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9).
- [5] 宋志彬,冯起赠,和国磊,等.CG型全套管搓管成孔设备的研究和应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1).

(上接第58页)

### 4 结语

(1) 本工程地质条件、工程环境复杂,整个基坑处于软土地区中,且地下水丰富,水位较高,采用钻孔咬合桩有较强的针对性,加快了施工进度,保证了施工质量,效果明显。

(2) 采用全套管钻机成孔,噪声底,振动小,无需排放泥浆,施工现场文明,环保效果好,很适合于在市区内施工。

(3) 采用全套管钻机成孔,可在各种杂填土(含有砖渣、石渣及混凝土块等)中施工,适合旧城改造工程。

(4) 采用全套管护壁,无缩孔、断桩等常见的钻孔灌注混凝土桩的通病。

(5) 采用全套管护壁,可靠近既有建筑物施工