

# 钻孔咬合桩在深基坑围护工程中的应用

居惠兰

(上海市市政工程建设发展有限公司,上海市 200025)

**摘要:**钻孔咬合桩作为地下工程的新型围护结构,在我国建筑领域已逐渐被采用,并发展、成熟。咬合桩适用于不同地质条件下的施工,具有地层扰动小、抗渗能力强、造价低、施工速度快等优点。针对钻孔咬合桩的成桩工艺,施工过程中首先需要摸清地质水文情况;重点控制孔口定位精度、成孔垂直度、确保咬合厚度满足设计要求;严格控制超缓凝混凝土缓凝剂的掺量、缓凝时间、坍落度。利用咬合桩机成功处理地下障碍物,可解决SMW工法桩机、灌注桩钻机及顶管机遇地下障碍物无法通过的难题,取得较好的经济效益和社会效益。

**关键词:**咬合桩;地下障碍物;技术参数;工艺流程;桩机应用

**中图分类号:**TU473.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)04-0190-03

## 1 概述

### 1.1 基本概念

咬合桩,即采用机械磨孔、抓斗取土、套管下压施工,桩与桩之间相互咬合排列的一种基坑围护结构。施工主要采用“套管桩机+超缓凝型混凝土”方案。咬合桩的排列方式为一个素混凝土桩(A桩)和一个钢筋混凝土桩(B桩)间隔,A桩B桩相间布置切割咬合(咬合宽度每侧20cm)成排桩围护结构。如图1所示:先施工A桩,后施工B桩,A桩采用超缓凝型混凝土,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,利用套管桩机的切割能力切割掉相邻A桩相交部分的混凝土,实现咬合。

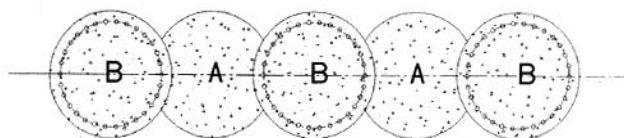


图1 咬合桩平面示意图

### 1.2 适用范围

咬合桩适用于软土地层,尤其适用于淤泥、流砂、富水等不良地层,具有对地层扰动小、抗渗能力强、造价低、施工速度快等优点。

咬合桩施工灵活,容易转折变线,更适于施工一些平面几何图形转折多变,或呈各种弧形的基坑围护结构。

## 2 技术要求及材料特性

### 2.1 技术要求

咬合桩在不同工程中的应用的主要技术参数,是通过现场试验确定的。根据工程特点及设计要

求,在正式施工前进行试桩施工,验证咬合桩施工参数在该工程中应用的合理性、可行性,为施工提供准确的技术参数。试桩一般采用“一荤一素”的形式布置,试桩段长15~20m,桩长22.5m,桩径 $\phi 1\,000\text{ mm}$ ,相邻桩中心间距为800mm。通过试桩可以摸清地质水文情况。有效控制孔口定位精度、成孔垂直度,保证咬合厚度,验证超缓凝混凝土缓凝剂的掺量、缓凝时间、坍落度及普通混凝土坍落度的合理性。

通过钻孔取芯、超声波检测及混凝土试件的试验检测,验证桩头质量、桩身完整性、混凝土抗压强度等是否满足设计要求。

### 2.2 材料特性(强度、缓凝性、坍落度、配合比)

根据咬合桩单桩成桩时间(约11h),确定超缓凝型混凝土初凝时间大于60h,为满足这一要求,混凝土配合比经多次模拟现场条件试验后确定,超缓凝混凝土外加剂掺量为1.5%。

通过试桩,确定咬合桩具体施工技术参数,见表1。

表1 超缓凝混凝土技术参数

桩型	强度等级	坍落度 (cm)	初凝时间	抗压强度 (MPa)	充盈 系数
A桩	水下C30 超缓凝混凝土	$16 \pm 2$	$\geq 60\text{ h}$	3 d, $\leq 3\text{ MPa}$	1.1
B桩	水下C30 普通混凝土	$18 \pm 2$	-	28 d, $\geq 30\text{ MPa}$	1.1

## 3 施工工艺

### 3.1 施工设备

施工采用MZ-2型液压摇动式全套管钻机。

### 3.2 工艺流程

(1)单桩工艺流程:单桩工艺流程为,平整场地→测放桩位→施工混凝土导墙→套管桩机就位对中→压入第一节套管并校核垂直度→钻孔→测量孔深→清孔检查→B桩吊放钢筋笼→放入混凝

收稿日期:2006-05-10

作者简介:居惠兰(1963-),女,江苏高邮人,工程师,从事道路、桥梁管理工作。

土导管→浇注混凝土→拔出套管。

(2)排桩施工流程:咬合桩排桩是按先施工 A 桩,后施工 B 桩的施工原则进行的,其施工流程是:A1→A2→B1→A3→B2→A4→B3……,如图 2 所示。

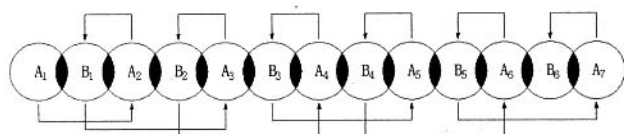


图2 咬合桩排桩施工流程图

(3)分段施工接头处理:由于施工采用多台桩机分段施工,必然出现每段施工的接头。对此施工中采取了砂桩灌注法的处理措施,在施工段与段的端头设置一根砂桩(成孔后用砂灌满),待后施工段到此接头时挖出桩内的砂子,灌注混凝土即可,砂桩设定在 B 桩上,如图 3 所示。

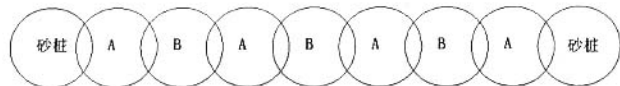


图3 分段施工接头预设砂桩示意图

## 4 质量控制

### 4.1 桩位控制

当导墙达到足够强度拆模后,重新测量放出咬合桩的中心桩位,确定钻机定位控制点。监理复测桩位轴线,检查孔位中心点的精确度(孔口定位误差允许值为 $\pm 10\text{ mm}$ ),并检查钻机的平整度和稳定性。

### 4.2 桩身垂直度控制

为了保证钻孔咬合桩底部有足够厚度的咬合量,就必须保证桩的垂直度不大于 $3\text{‰}$ 。

控制桩垂直度的3个主要环节:一是确保套管的顺直度;二是成孔过程中确保桩的垂直度;三是成孔过程中垂直度偏差过大时,及时纠偏。具体做法是:钻机定位检验完毕,当第一节套管插入定位孔,检查套管、钻机抱管器中心是否对应定位在孔位中心,套管周围与定位孔之间的空隙保持均匀。

对套管顺直度的检查,按连接后的整根套管的顺直度检查,偏差宜小于 $10\text{ mm}$ ;检测孔斜采用人工在孔内用线锤进行,孔外采用两个线锤成 $90^\circ$ 观测成孔的垂直度。

### 4.3 咬合厚度控制

相邻桩之间的咬合厚度 $d$ 根据桩长来选取,桩越短咬合厚度越小(但最小不宜小于 $100\text{ mm}$ ),桩越长咬合厚度越大,A、B两种桩之间的咬合厚度孔口控制不小于 $20\text{ cm}$ ;孔底控制不小于 $5.0$

cm。

### 4.4 混凝土缓凝时间控制及处理方法

由于超缓凝混凝土的质量不稳定、出现早凝现象或机械设备故障等原因,常常使咬合桩的施工无法按正常要求进行。其处理主要分以下几种情况:

(1)如图4所示,B1桩成孔施工时,其两侧A1、A2桩的混凝土均已凝固。在这种情况下,则放弃B1桩的施工,调整桩序继续后面咬合桩的施工,以后在B1桩外侧增加一根咬合桩及两根旋喷桩作为补强、防水处理。在基坑开挖过程中将A1和A2桩之间的夹土清除,喷射C20混凝土。

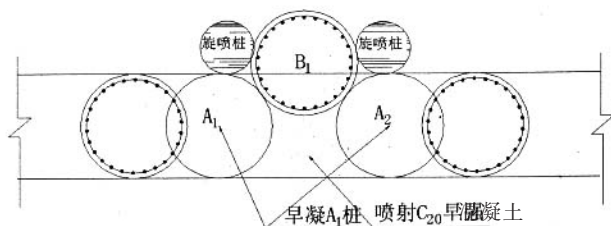


图4 咬合桩背桩补强示意图

(2)如图5所示,B桩成孔时,一侧A1桩混凝土已凝固,另一侧A2桩混凝土未凝固,将中间待做的B桩向未凝固的A2桩平移 $20\text{ cm}$ ,使中间B桩与已凝固A2桩单侧切割。处理方法是在A1桩和B桩外侧另增加一根旋喷桩作为防水。

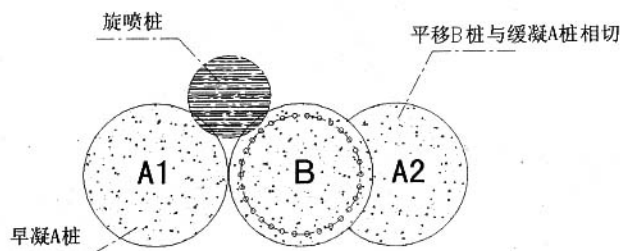


图5 平移桩位单侧咬合示意图

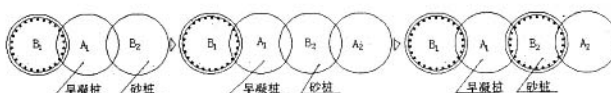


图6 预留咬合企口示意图

(3)如图6所示,后浇注A桩混凝土早凝:此时只有单侧A1桩,另一侧A2桩已来不及施工,为争取时间,直接切割单侧(A1)桩成孔,灌砂成为砂桩,待另一侧桩成桩后,再进行二次成孔,施工中间的B桩。

#### 实例1:钢筋笼上浮控制

原因分析:钢筋笼上浮主要原因一是钢筋笼采用元宝筋作为保护层厚度的控制,其形状不适合本工程施工的桩。如:外套管接口处管壁较厚,

使管径  $\phi 1\ 000\text{ mm}$  变为管径  $\phi 920\text{ mm}$ , 因管径变小处易与粗骨料产生塞挤, 使钢筋笼与外套管产生磨阻, 当上提套管时, 套管接口处会将钢筋笼带起而产生上浮; 二是混凝土石子粒径超标, 坍塌度过大; 三是钢筋笼加工的顺直度不好和外径尺寸偏差大。

采取措施: 只在距钢筋笼顶部 85 cm、400 cm 和距钢筋笼底部 400 cm 处, 延周边每圈均等分布焊接 3 根长 10 cm、直径为  $\phi 18$  的弧线形钢筋作为保护筋, 钢筋笼中间段不焊接保护筋; B 桩混凝土的骨料粒径应尽量小一些, 不宜大于 25 mm; B 桩混凝土坍塌度由  $20 \pm 2\text{ cm}$  调整至  $18 \pm 2\text{ cm}$ ; 在钢筋笼底部按等腰三角形加焊 3 根  $\phi 20\text{ mm}$  的钢骨架以增加其抗浮能力。

实例 2: 咬合桩 B16 与 A16、B22 与 A22、B21 与 A21 未咬合

原因分析: (1) B16 与 A16、B22 与 A22 未咬合, 原因是 B16、B22 成桩时发现 A16、A22 已凝固 (因砼未加缓凝剂), 经现场监理及技术人员决定对 B16、B22 孔进行回填重新对位 (B16 向 A17 方向平移 20 cm, B22 向 A23 方向平移 20 cm); (2) B21 与 A21 未咬合原因: B21 桩浇筑混凝土时因混凝土质量问题 (离析) 而发生钢筋笼上浮, 经处理无效, 最后只能用 50T 汽吊将 B21 全部拔出, 考虑到 B21 拔管过程中存在塌孔, 经现场监理及技术人员决定, 重新施工 B21 桩故 B21 与 A21 未咬合。

采取措施: 在 B16 与 A16、B22 与 A22、B21 与 A21 未咬合处补旋喷桩止水。

预防措施: (1) 要求混凝土供应商加强管理, 不允许此类情况再次发生; (2) 监理加强对进场混凝土认真验收, 凡发现已离析混凝土不允许在工程中使用。

## 5 利用咬合桩机处理地下障碍物

中环线邯郸路地道工程位于上海市区北侧五角场和大柏树之间的邯郸路下, 东西向穿过复旦大学校区。地道全长 1 080 m, 属长距离浅埋式地道, 采用顺作法施工。结构分 U 型槽、箱式暗埋、箱式暗埋开孔三种形式。箱式暗埋开孔段长 200 m, 基坑开挖深度 11m, 宽度 42.5 m, 该段基坑围护结构采用  $\phi 1\ 000$  咬合桩, 桩长 22 m, 咬合厚度 20 cm。咬合桩施工工艺已较为成熟, 但在本工程中的应用是作为一种新型深基坑围护结构在上海地区软土及富水地层中的首次应用。

深度在 6 m 以内的地下障碍物, 如无交通和

管线影响, 可采取明挖处理; 对深度大于 6 m 的地下障碍物, 可利用咬合桩机全套管跟进成功地清除地下障碍物, 保证工程的顺利进行。

实例 1: 清除 SMW 工法桩机无法通过的障碍物

邯郸路地道 K0+665 处有一横向地下通道, 深 6 m, 施工 SMW 工法桩, 当桩机钻至 6 m 深时无法切土下沉, 经多次强行钻进, 均未通过, 最后造成钻头抱箍断裂。

为确保围护结构的连续性, 调进咬合桩机, 切已施工好的工法桩磨进, 小抓斗取土, 在 8 m 深处取出 4 m 长的钢板桩 (分析该钢板桩为施工地下通道时丢弃的), 该地道范围采用咬合桩施工。由于先施工工法桩, 后施工咬合桩, 咬合桩咬工法桩后成桩, 不但清楚了地下障碍物, 还保证了围护结构的连续性。

开挖揭示表明, 该段围护结构完好无渗漏。



图 7 咬合桩咬工法桩后成桩

实例 2: 清除回旋灌注桩机无法通过的障碍物

邯郸路国定路路口施工灌注桩, 当回旋钻机钻至 10 m 时遇障碍物, 无法继续成孔。换用咬合桩机, 在地下 10 m 处取出钢管、混凝土等杂物。

实例 3: 清除顶管机无法通过的障碍物

邯郸路地道积水通过 200 m 顶管进入泵站, 顶管埋深 11 m, 当机头距接收井 20m 时遇地下障碍物, 无法通过。现场受交通和附近管线影响, 不能进行大开挖或打围护桩开挖处理。为清除机头前障碍物, 再次使用了咬合桩机, 咬合桩机套管 ( $\phi 1\ 000$ ) 距顶管机头前 10 cm 切土下磨, 在地面下 11m 处遇混凝土, 采用人工加风镐将混凝土凿掉, 边拔套管边用粘土回填。经咬合桩处理后, 顶管机头顺利通过, 既节省了时间, 又经济安全。

## 6 结语

通过基坑开挖, 我们观察到, 咬合桩的外观整齐光洁、垂直度控制较好。与钻孔灌注桩相比, 桩体完整性好, 防渗效果明显。咬合桩施工质量达到设计要求及验收标准 (见图 8)。(下转 196 页)



程度的挠动,土壤尚未充分固结所致。

(2)碎石桩桩体重(2)型触探试验各土层段单位载面积承载力值,均大于设计提出的 320 kPa。但是采用慢速维持荷载法,对桩体进行的静载试验其值在个别桩段单位载面积承载力仍有低于设计要求提出的 320 kPa 的情况,其偏低范围为 210~274 kPa。究其原因与桩位所在地段土壤各层性质及物理力学性的现状有关,凡是呈软塑状态的淤泥质粉土深度超过 2 m 以上的地段或是可塑~软塑状态的易压缩的粉质亚粘土,且土层深于 5~6 m 以上接近地表者,此处震冲碎石桩单位载面积承载力,都在偏低的范围内。这些土壤一旦受到外力体积可塑压缩变形,需要较长一段时间才能固结逐渐达到稳定。震冲碎石桩成桩施工时间到检测多数只有 20 多天,桩周围受过挠动的土壤尚未固结稳定,所以作为散体的碎石桩,外围约束力减小了,本身在外荷压力下就极易移动,造成承载力降低。

(3)复合地基野外静荷载试验,选在了震冲碎石桩成桩时间较长的地段进行,成桩到试验约 6 个多月时间,检测结果为 168 kPa,满足设计提出碎石桩复合地基竖向承载力要达到 120~140 kPa 的要求,这个地段也是土质水文极不利的软弱地带。可见,碎石桩置换后的复合地基,要有一定的充分固结时间,待挠动土壤稳定后,检测结果才能真实地显现出复合地基综合受力的实际情况。

(4)碎石垫层是起到均衡传力的作用,必须要求密实,石料坚固经压实后垫层稳定有其良好的承载能力,并对下面的桩间土有压实效果。检验结果从表 2、3、4 表明:碎石垫层压后对以下的桩间土没有起到什么大的作用,压实前后的承载力标准未见明显的变化。这主要还是桩间土水分大挠动后没有充分固结的缘故。垫层本身经过压实后,大部份呈稍密~密实状态,承载力标准值均达到设计提出 150 kPa 的要求,但局部土层处于软塑易压缩的区段仍见有松散状态,这些地段建议建设单位增加碎石进行补压。干密度小于 2 kg/cm<sup>3</sup>

(上接 192 页)

工程实践表明,咬合桩在基坑围护工程中的应用是成功的。同时也充分发挥了咬合桩工艺施工进度快、成桩质量好、施工安全,噪音干扰小,无泥浆排放,工程造价低的特点。咬合桩用于清除地下障碍物具有独特的优势,值得推广。随着咬合桩被逐渐应用,咬合桩施工技术也将不断得到完善和提高。

段落,材质多系质量较轻的浑长岩类组成,但其密实程度都在中密以上,稳定性好能满足设计要求。

#### 4 结语

用震冲碎石桩置换软弱地基中部分软土所形成的复合地基,其承载力随置换的提高在提高。盘锦市城市防洪工程在混凝土坝及多功能混凝土坝下,适当地采用碎石桩处理软弱地基,提高了坝址地基的承载力,这一措施是得力的、合理的。根据野外各部位的一系列检验结果来看,设计上提出要达到的指标,基本得到了满足。至于局部区段碎石桩体载面积承载力不足只是暂时的,待桩间土完全固结后会提高的。还应该看出复合地基承载力野外检测值远比设计提出的要高,这也说明总体是符合设计的,坝址地基竖向承载力亦是完全满足设计要求的。从 2000 年底防洪堤坝建成至今已整 5 a,坝形外观无任何异常现象发生,目前是安全稳定的。

应该说,这次复合地基承载力检测所用承载板偏小,对防洪大坝趋于安全,对地基却提高了要求。正常应完全按震冲碎石桩轴距间所辖全面积选用,本场地碎石桩横轴距 4.33 m,竖向轴距 2.50 m,其所辖受力面积为:

$$4.33 \times 2.50 = 10.825 \text{ m}^2$$

让此面积为两根碎石桩承担,则单桩承受面积为:

$$10.825/2 = 5.413 \text{ m}^2$$

设受力面与施力承压板面积相等(同等于圆面积)

$$\text{即: } 5.413 \text{ m}^2 = \pi r^2$$

$$\text{所以, } r = \sqrt{5.413/3.14} = 1.312 \text{ m}$$

故承压板直径为:

$$D = 1.312 \times 2 = 2.624 \text{ m}$$

可见采用 2.5 m 承压板直径是偏小了点。建议今后作复合地基承载力试验时,承压板大小应切实结合布桩情况计算确定。



图 8 成桩后的咬合桩