

咬合桩技术在深基坑工程中的应用

彭元贵¹ 罗明亮² 刘相雷²

(1. 深圳市建筑工务署, 广东深圳 518000; 2. 深圳市特皓建设基础工程有限公司, 广东深圳 518028)

【摘要】 通过工程实例, 介绍钻孔咬合桩在深基坑支护工程中的应用情况以及咬合桩施工技术要点; 利用延缓混凝土凝固时间的方法, 巧妙地实现了相邻桩间的切割咬合。

【关键词】 全套管钻孔灌注桩; 咬合桩; 缓凝混凝土;

【中图分类号】 TU 46 3

Application of Joint-piles Technique in Deep Foundation Pit Bracing Project

Peng Yuanguai¹ Luo Mingliang² Liu Xianglei²

(1. Bureau of Public Works of Shenzhen Municipality, Shenzhen Guangdong 518000;

2. Shenzhen Tehao Construction Foundation Engineering co. Ltd, Shenzhen Guangdong 518028 China)

【Abstract】 Through real project introduction, the application of joint piles technique in deep foundation pit bracing project and the key points of related construction techniques are discussed. By prolonging the solidified time of concrete, the joint effect of neighborhood piles got successfully strengthened.

【Key Words】 whole-pipe cast-in-situ pile; joint-piles; retarded-concrete

0 引言

全套管钻孔灌注桩自 20 世纪 70 年代引入国内以来, 因其具有施工速度快、环保效果好、施工安全以及质量容易保证等优点, 20 世纪 90 年代末期在沿海发达城市有较多的应用^[1], 但仅局限于工程桩。现在, 利用混凝土缓凝实现全套管钻孔灌注桩密排咬合技术应用于难度较大、施工要求高的基坑支护工程中。本文就咬合桩在深圳某基坑支护工程中的应用情况作介绍和分析。

1 工程概况

某建筑位于深圳市中心区, 已运行的地铁四号线和一号线的西北联络线在场地的东南侧地下穿过。该建筑大部分场地设 3 层地下室, 开挖深度将近 20 m, 东南角以联络线分界设一层地下室、相对开挖深度 10.6 m。由于基坑的东南侧开挖面紧邻已建成的地铁联络线, 该侧基坑的支护以及减少或限制基坑开挖对地铁隧道的影 响等问题是工程的难点和重点。根据基坑的深度和基坑的重要性分级, 基坑的安全等级为一级。

1.1 工程地质条件

该工程场地的原始地貌单元为山前的冲积台

地, 冲沟发育, 局部有古河道, 后经开山整平形成现状地貌。根据钻探揭露, 该场地的地质条件和主要岩土层可自上而下简单描述如下:

- ①人工填土层, 层厚 4.7~7.2 m, 杂填土为主;
- ②粉砂层, 松散-稍密状态, 层厚 1.60~3.30 m;
- ③砂质、粉质粘土层, 层厚 1.30~3.70 m;
- ④粗砂层, 层厚 2.20~4.80 m;
- ⑤含砾粉质粘土层, 层厚 1.20~2.60 m;
- ⑥砾砂层, 层厚 0.90~5.10 m;
- ⑦砾质粘土层, 残积土, 层厚 5.10~10.00 m;
- ⑧强分化、中风化和微风化花岗岩。

地下水埋深 5.6~9.6 m, 属孔隙水和基岩裂隙水类型。

1.2 地铁隧道对基坑开挖的保护要求

平面上建筑物地下室的外墙距地铁联络线的中心线 8.13 m, 距隧道结构外皮为 6.0 m。地铁联络线设计方对于基坑支护结构的设计及施工的要求:

- 1) 地下结构水平方向至地铁结构的净距离保证大于地铁结构的宽度(约 6 m), 竖向的净距应保证隧道结构的初期支护和预加固措施不被破坏;

2) 地铁区间结构不能承受上方建筑物的点荷载、条形荷载传力, 面荷载不大于原覆土的荷载;

3) 基坑开挖期间应采取措施, 保证地铁结构不会产生偏压导致侧向位移, 保证地铁结构不会产生上浮和沉降;

4) 施工时不能破坏地铁结构的防水。

为了实现上述对地铁结构的保护要求, 参照有关技术规范对建筑物沉降、管线沉降的控制要求, 基坑支护方案的选取应满足以下要求:

1) 在基坑开挖和地下室结构施工过程和期间, 控制联络线隧道结构的累计沉降量小于 30 mm、累计侧向位移小于 30 mm, 由于地下水位升高的原因联络线隧道结构抬升量小于 10 mm;

2) 控制隧道结构的不均匀沉降和不均匀侧向位移小于 0.1%, 即 10 m 范围沉降差或侧向变形差不超过 10 mm;

3) 在基坑回填之前, 严格控制水位, 避免隧

道结构浮起破坏, 控制在设计水位的 ± 1.0 m。

2 支护方案的选取

2.1 该基坑主要有以下特点:

1) 严格保护地铁结构安全, 控制变形和沉降;

2) 从地质条件看, 在基坑开挖深度范围有透水的砂层和容易发生流砂的粉砂层, 在开挖过程和基坑回填之前, 严格控制地下水, 不能发生流砂现象;

3) 在基坑支护的施工过程中, 不能扰动隧道结构初期支护范围内的土体;

4) 由于基坑边坡支护的破坏或者变形超过控制的限度而导致的后果严重。

2.2 方案的比较选取

根据场地条件、地质条件和工程要求, 支护结构采用护坡桩加预应力锚索的方案。在深圳地区, 可以作为护坡桩的桩型有多种, 可采用人工挖孔桩、钻孔灌注桩等, 在护坡桩的截水方案上可采用桩间旋喷或搅拌桩止水帷幕的技术方案。可用于本工程的若干种支护方案经济技术比选见表 1。

表 1 支护方案经济技术比选

支 护 方 案	对隧道周边土体的扰动	实 施 条 件	经 济 性
人工挖孔桩	要求降水, 对地层扰动大 ^[2]	不具备	经济
钻孔灌注桩	砂层塌孔, 对地层有扰动 ^[2]	有风险	较经济
地下连续墙	砂层成槽时对地层有扰动 ^[3]	有风险	造价高
高压注浆	施工时对地层扰动大 ^[3]	有风险	和桩联合使用, 造价高
搅拌桩墙	没有扰动 ^[3]	受初期支护锁脚锚杆的干扰	和桩联合使用, 造价低
咬合桩	没有扰动	具备条件	造价较高

经过综合考虑, 最终采用全套管成孔灌注桩密排咬合布置, 预应力锚索布置两道。该支护结构和施工方法有以下优点:

1) 咬合桩既可挡土又可截水, 可靠性大;

2) 采用全套管成孔灌注桩, 施工过程对隧道周边的土体扰动最小;

3) 采用预应力锚索, 可有效地限制边坡变形。

2.3 咬合桩支护方案

具体的支护方案为:

1) 护坡桩: 采用 1 200 mm 直径的全套管成孔灌注桩;

2) 桩平面间距 1 000 ~ 1 015 mm, 桩间咬合 170 ~ 200 mm;

3) 桩的配筋: 间一配一;

4) 设两道锚索, 第一道位于桩顶锁口梁位置, 倾角为 10 ~ 20°, 第二道在护坡桩腰部, 利用锚索的倾角, 避开了地铁隧道。

本工程典型剖面图见图 1。

3 咬合桩技术要点

1) 咬合桩有两种桩型: C20 素混凝土桩(简称 A 桩)和 C25(少部分 C30)钢筋混凝土桩(简称 B 桩), 两种桩相间布置, 切割咬合(咬合宽度每侧 17 ~ 20 cm)成排桩围护结构。

2) 素桩的作用是截水, 钢筋混凝土桩起受力作用。钢筋混凝土桩除了受支护的剪切力外, 还作为工程桩的一部分承受上部荷载, 其中有 6 根(C30)桩需进入中风化花岗岩(桩长 28.0 m ~ 36.5 m), 其余进入强风化花岗岩(桩长 17.5 m ~ 20.5 m)。

3) 咬合桩平面误差要求 ≤ 20 mm, 垂直度误差要求 $\leq 1\%$, 防止桩身下部发生偏移、开叉。

4) 采用全套管成孔灌注桩和特缓混凝土施工工艺, 有效控制成桩时间, 先施工两侧素混凝土 A 桩(采用 C20 特缓混凝土, 初凝时间控制在 60h,

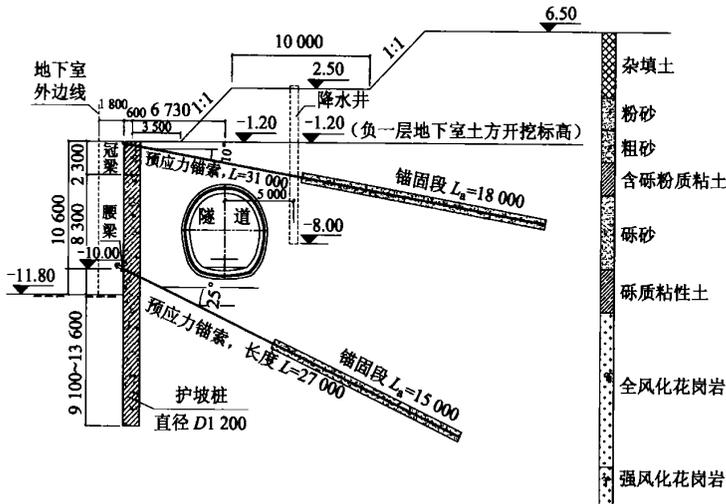


图1 支护结构典型剖面图

终凝时间 70 h), 在 A 桩混凝土初凝前施作中间的钢筋混凝土 B 桩。施工时, 合理安排作业工序, 使 A、B 桩施工形成流水作业。

5) 施工时, 保证钻孔过程中套管的超前钻进(最少保证 1.0 m), 防止套管内涌砂和涌相邻素桩的混凝土。

6) 每个桩机组分区独立作业, 单机成桩作业顺序为: A1→A2→B1→A3→B2→A4→B3→A5→……, 见图 2。合理安排施工时间, 争取 A 桩单桩作业时间为 5~7 h, B 桩单桩作业时间为 8~11 h, 确保 B 桩在 A 桩混凝土初凝前顺利切割成孔。

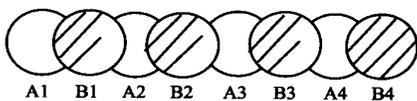


图2 单机成桩作业顺序示意图

7) 为了日后的连接, 两个分区之间需预留接口。采取灌砂、二次成孔的方法, 作业顺序为: A1→B1(灌砂)→A2→B2→A3→B3→A4→……, 见图 3。

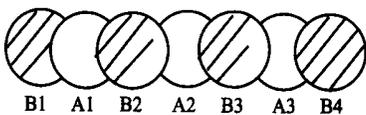


图3 分区之间预留接口作业示意图

4 咬合桩关键工序控制

4.1 定位及垂直度控制

1) 导槽的施工。导槽关系到桩机的行走平稳, 桩位是否准确。根据桩机的机体尺寸要求, 以桩中心线为导槽的中心线, 挖土成槽, 浇注 C20 混凝土,

形成宽 5~6 m、厚 0.2~0.4 m 的带状结构, 桩位处预留 $\phi 1\ 240$ mm 圆孔。

2) 压入第一节钢护筒是保证桩孔垂直度的关键。在桩机把钢护筒压进土层的同时, 用水平尺及两台经纬仪(两者成 90°)对钢护筒的垂直度进行控制。在钢护筒发生倾斜时, 测量人员应立刻通知机长采取措施: ①发现钢护筒有倾斜趋势时, 立即通过反复摇动、微量扭、挪护筒支座等将钢护筒倾斜消除在初始状态; ②倾斜过大, 无法靠机身调整时, 采取向孔内填砂, 拔出钢护筒, 重新校正和成孔。由于相邻已浇灌的混凝土, 填砂时必须同时灌水。

4.2 成孔

成孔时为了防止发生相邻桩体内的混凝土流入的现象, 需采取以下措施: ①在成孔过程中缓冲轻抓, 减小对孔底土层的扰动; ②加长桩机钢护筒, 下压超深 ≥ 1.0 m, 使套管始终超深抓土面, 孔内留足一定厚度的反压土层, 形成瓶塞效果。

4.3 清孔^[1,2]

由于支护桩同时作为工程桩的一部分承受上部荷载, 故对桩底沉渣厚度应满足工程桩的要求清孔采取空压机清孔。清孔时必须采取以下措施: ①清孔时孔内必须灌满水; ②随时检查空压机的压力; ③浇灌混凝土前, 质检人员再次验孔, 若不合格, 则需再次清孔。

4.4 灌注混凝土^[2]

①混凝土必须具备良好的和易性和缓凝性, 水下混凝土坍落度宜为 180~220 mm。

②混凝土导管吊放入孔时,应将橡胶圈或胶皮垫安放平整、严密,确保密封良好,以防漏水;且导管在桩孔内的位置应保持居中,防止撞坏钢筋笼和导管。

③开始灌注混凝土时,为使隔水塞能顺利排出,导管底部至孔底的距离宜为 300 ~ 500 mm;隔水塞采用混凝土塞,直径仅比导管内径小 10 mm 左右,长度应大于导管内径 50 mm。

④灌注首批混凝土应有足够的储备量,使导管一次埋入混凝土面以下 0.8 m 以上。

⑤水下混凝土灌注必须连续施工,严禁中途停工。

⑥为保证桩身混凝土的连续均匀,应严格控制导管在混凝土内的埋深。在灌注过程中,应经常用测锤探测混凝土面的上升高度,及时拆除导管,应保证导管埋深在 2.0 ~ 6.0 m 间。

5 施工中出现的問題及处理方案

5.1 钢筋笼上浮

灌注混凝土时,若钢筋笼侧向一边,或因混凝土浇灌时间过长,混凝土早凝,混凝土与钢护筒间存在较大摩擦力,致使护筒提升时混凝土与钢筋一同上浮。需采取以下措施预防钢筋笼上浮:①要把钢筋对准桩孔中央设置,而且在插入导管时注意对中,不要偏向一边;②钢筋笼外侧绑扎 PVC 管,若钢筋笼紧贴钢护筒时,可以减少摩擦力;③钢筋笼底部焊接一井字架,增加钢筋笼上浮时的抗拔力;④灌注混凝土时应作好运送混凝土车辆的调度计划,不要让其工在工地等待时间过长;使混凝土坍落度保持在 18 ~ 22 cm。

在该工程中,共出现了 4 个钢筋笼上浮。事后采取了植筋的处理方案:地质钻机在桩身中钻直径为 140 mm 的钻孔,下 2 根 D32JL930(精轧螺纹钢),注水灰质量比 0.45 水泥浆。

5.2 混凝土早凝,出现断桩

有一根 B 桩因混凝土早凝,导致提升钢护筒时,混凝土连带钢筋笼(在主筋电焊连接处断开)一起拔出 16.5 m,完全断桩。事故原因主要有以下 3 点:①混凝土粉煤灰用量不足,没有达到设计的缓凝时间(8 ~ 10 h),4 h 左右就开始初凝;②混凝土到场后没有及时浇灌,等待时间较长;③没有及时拔起钢护筒。

根据该桩特点,采取了以下方案处理:重新定位,成孔,挖出上部土方,清除上部混凝土浮浆,做小应变检测,下部桩身(12.0 m)合格。人工清出桩顶钢筋,采用机械连接钢筋至设计标高,钢筋接头错开

35 d,此区域箍筋加密($\phi 10 @ 100$ mm),浇灌提高一个强度等级的混凝土,接触面插入 $\phi 16$ 钢筋。后经抽芯检测,该桩质量等级为 I 级。

6 基坑监测情况

该基坑的监测项目有:桩顶位移、地面沉降、地铁隧道沉降和隆起、钢筋应力等。设计允许值及实测值如下:

1) 桩顶位移

设计允许值为不大于 30 mm,实测有一点最大值为 45.22 mm,其他均在 15 mm 左右,分析出现位移较大的原因时发现在该处坑顶附近放置了一定荷载的建筑材料,清理后桩顶位移没有继续增大。

2) 地面沉降

设计允许值为不大于 30 mm,实测值均在此范围内。

3) 隧道沉降

控制标准为不大于 20 mm,实测值最大为 0.62 mm。

4) 隧道隆起

控制标准为不大于 10 mm,实测值最大为 4.62 mm。

各项监测结果表明,“咬合桩+二道锚索”的支护方法在该工程中的应用是非常成功的,解决了工程施工难题,施工质量可靠。

7 结 论

1) 应用咬合桩作为该支护工程的挡土止水结构,取得了非常理想的效果,解决了工程难题,在类似地质条件以及有特殊要求的基坑支护工程中,可以借鉴采用。

2) 咬合桩施工工序较复杂,影响施工质量的因素很多,而且需要连续不间断施工,对施工机械、现场控制要求比较高,在实际选用时要慎重。

3) 咬合桩技术仍在积极探索和改进当中,施工工艺、施工机械、混凝土缓凝技术等仍需进一步完善改进,只有这样才能有较为广阔的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 周正国,彭元贵,等.贝诺特灌注桩在深圳地区某工程中的应用[J].工程勘察,2001(5):40-42.
- [2] 沈保汉.桩基工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1995:90-97.
- [3] 陈汉忠.深基坑工程[M].机械工业出版社,1999:124-133.

收稿日期:2006-06-02