

浅析引孔锤击桩法施工技术

姚伟林

(巨融(福建)建设工程有限公司 福建 三明 365000)

摘要 结合某项目工程实例,对引孔锤击桩法施工技术进行详细的阐述。该技术成功解决了预应力高强度混凝土管桩遇到圆砾层难以穿透的施工难题。引孔锤击桩法施工技术极大地减小了锤击管桩施工时的桩端阻力和挤土效应,确保了管桩的施工质量。

关键词 引孔 PHC 管桩 锤击沉桩 施工技术

0 引言

20世纪90年代以来,随着改革开放步伐的加快,国家经济建设进入快速发展时期,表现在建筑行业,就是高层建筑日益增多。高层建筑的基础形式通常采用桩基础的形式,其中预应力高强度混凝土管桩(PHC管桩)具有桩身强度高、穿透力强、单桩承载力高、耐久性好、可工厂化生产、节约钢材水泥、施工简单等优点,在高层建筑中应用广泛,常用的施工方法有锤击法和静力压桩法。当采用锤击法施工PHC管桩需要穿过较厚且坚硬的圆砾层时,经常出现已达到设计贯入度,却无法到达设计持力层,继续锤击甚至可能造成桩头爆裂或桩身断裂,如何辅以其他施工措施解决此类施工难题,是众多同行者所共同关心和重视的。本文结合某项目工程实例,对引孔锤击桩法施工技术进行详细的阐述。该技术成功解决了PHC管桩遇到圆砾层难以穿透的施工难题。

1 工程概况

某项目7~13#楼,地上30层,地下2层,建筑面积为18233.9m²,结构形式为框架剪力墙结构。本工程基础形式采用锤击式预应力高强度混凝土管桩(PHC管桩)与冲孔灌注桩结合的形式。管桩型号选用PHC600-130-AB,桩端持力层为③卵石层,要求桩端进入持力层深度≥1m,单桩竖向承载力特征值2500kN,桩尖采用十字型钢桩尖,冲孔灌注桩桩径为800mm,水下混凝土强度等级为C35,桩端持力层为⑦-1中风化灰岩,单桩竖向极限承载力为6000kN。

2 地质情况

根据地勘报告,场地内土层自上而下依次为:①-1素填土,层厚1.50~2.60m;①-2杂填土,层厚0.90~3.10m;②-1粉质粘土,层厚2.90~9.00m;②-2粉砂,级配较差,层厚0.70~5.30m;②-3圆砾,以砂岩、硅质岩等为主,中等风化程度,中密,层厚4.00~12.80m;②-4粉质粘土,以粉粘粒为主,细砂含量25%~45%,层厚1.40~12.90m;②-5含砂砾粉质粘土,砂砾石含量25%~50%,层厚1.90~23.30m;②-6粉质粘土,层厚1.90~42.10m;②-6-1粉砂透镜体,级配较差,层厚

2.60~6.30m;③卵石,稍密-中密,以4~20mm为主,强风化程度,层厚2.60~23.30m;④-1粉砂岩夹砂岩残积粘性土,层厚2.70~9.50m;④-2灰岩残积砂质粘土,层厚1.80~22.00m;⑤含角砾粉质粘土,层厚1.90~15.70m;⑥-1全风化粉砂岩夹砂岩,层厚2.70~10.30m;⑥-2强风化粉砂岩夹砂岩,层厚2.80~12.90m;⑦-1中风化灰岩,层厚0.90~15.60m。

3 工程施工难点分析

(1)本工程地质相对复杂,②-3圆砾的埋设较浅,层厚较厚,锤击管桩较难穿透;②-5含砂砾粉质粘土的层厚较厚,砂砾石含量较高,对沉桩影响较大。

(2)本工程周边大多是民宅,主要以多层和小高层为主,距离场地约15m,锤击管桩的施工震动噪音大,影响周边环境。

(3)本工程地下水位较高,②-2粉砂和②-3圆砾基本处于富水区,主钢管桩布置十分密集,锤击管桩施工时容易引起周围地面隆起,还会出现桩位偏位和邻桩上浮的现象。

4 施工方案的确定

根据地勘报告资料分别在8#、9#和13#楼各选择1个桩位进行试桩,以便对锤击管桩的相关施工参数进行确定。当管桩入土深度为18~25m时,最后三阵贯入度均<20mm/10击,已达到收锤标准,但根据地勘报告显示,桩端仅进入②-3圆砾层1~4m,还未进入设计持力层③卵石层,如继续锤击有可能造成桩头爆裂或桩身断裂。经过参与试桩的各单位讨论决定采用引孔锤击法,采用长螺旋钻机进行引孔,引孔深度至③卵石层以下1m,再将管桩锤击至设计要求的持力层。为了更好地穿透②-3圆砾层,将十字型桩尖改成锥型桩尖,为了预防管桩上浮的,在第一节管桩内浇筑C20混凝土进行封底,浇筑高度为1m。

5 引孔锤击法施工技术

5.1 施工准备

由于钻机与桩机对施工场地的地耐力有一定的要求,现场的回填土地耐力无法满足施工设备的行走要求,经过计算

后对管桩施工场地回填 60cm 厚的中粗砂, 并采用 15t 压路机对施工场地进行碾压, 确保场地的地耐力满足施工需求。

5.2 测量放线

根据设计桩位图和基准坐标点, 采用全站仪将每根桩的桩位直接测放在场地上, 并采用长钢钉系上红绳插在桩心上, 并采用白灰洒在桩位上, 方便引孔识别。桩位和轴线经监理工程师检查合格后即可开始引孔。

5.3 钻机就位

引孔钻机采用步履式长螺旋钻机, 其型号为 DBCFG-B26, 孔径为 580mm。钻机就位后应调整其底座平稳, 使得钻机的钻杆与桩位中心对齐, 钻机钻架上的刻度清晰, 对照线明显, 钻机无倾斜和位移等现象, 将两台 J2 经纬仪架在互相垂直的方向上对钻杆进行测量, 确保钻杆的垂直度偏差 $\leq 0.5\%$, 各项指标检查合格方可开钻。

5.4 钻进成孔

开动电动机钻进出土, 在一般土层成孔时, 长螺旋钻机的电动机电流保持在 60~100A, 当钻进至坚硬土层时, 电流将会超过 160A 甚至超过 200A, 那么这个时候应减缓钻进速度, 使得电流回落, 以免电机烧毁。当钻至设计桩底标高时, 应保持原位转动 1min, 再提钻。安排专人将螺旋叶片上的泥土清理干净, 以免将泥土带至半空后掉下来伤到地面的人员。在成孔过程中应及时检查钻杆的垂直度, 如果钻杆出现摇摆不定或者钻进困难时, 应减小进尺速度, 避免钻孔出现倾斜或者位移的现象。成孔过程中应做好每米进尺电流变化记录, 对于突变的地方应及时和地质柱状图进行比对, 检查钻进的地质是否与地勘报告相符, 发现异常及时汇报。

5.5 清孔

当长螺旋钻机钻至③卵石层时, 及时通知监理工程师到场确认持力层, 并对孔洞的深度进行量测, 持力层确认后继续钻进 1m, 然后提钻至孔口, 孔洞的深度、垂直度和尺寸等经监理工程师复核无误后, 再将钻杆缓慢地下放到孔底, 然后直接缓缓提钻, 注意此时钻杆不旋转, 提钻速度为 2.0m/min, 利用螺旋叶片将孔内的沉渣带出。清孔后将孔洞周边杂物清理干净, 然后用 700mm \times 700mm 的木板盖住孔口, 以免杂物掉入孔底。

5.6 锤击沉桩

本工程锤击桩机型号为 DCB80-18, 锤重为 8t。在桩孔位置将桩机调整平稳, 检查桩帽内弹性衬垫情况, 一般采用厚硬纸皮, 要求硬纸皮经锤击压实后的厚度为 120~150mm, 将桩帽中心与桩孔中心对齐; 然后采用单点吊法将管桩吊直, 将桩头套入桩帽, 然后缓慢下放使得管桩下口距离孔洞 250mm, 焊接好锥形桩尖。再将桩尖对准孔洞中心下压入孔内 0.5m 时, 采用两台经纬仪在互为垂直的方向上调整桩身垂直度, 使得桩身垂直度偏差 $\leq 0.5\%$ 。第一节管桩应冷锤锤

击沉桩, 将管桩缓慢地送入土层中, 沉桩过程中应随时检查桩身垂直度, 当桩身垂直度符合要求时就可以正常响锤锤击, 管桩在锤击过程中应以重锤低击为主, 使得桩身、桩帽和桩锤始终保持在同一直线上, 当桩端进入坚硬土层时, 严禁采用移动桩架方式来纠偏垂直度偏差。当第一节管桩沉桩后露出地面 0.5~1.0m 时, 及时将准备好的 C20 混凝土浇筑进管桩内进行封底, 确保浇筑高度为 1m。

5.7 焊接接桩

接桩时, 下节管桩宜露出地面 0.5~1.0m, 采用钢丝刷将上下节桩的端头板及四周铁皮上的铁锈和泥巴清理干净, 坡口处以露出金属光泽为宜, 然后将导向箍套在下节管桩上, 再将上节管桩下放入导向箍, 使得接头能够准确对位, 上下节管桩的轴线错位偏差 $\leq 2\text{mm}$, 焊接形式采用 CO_2 气体保护焊, 在破口处四个角方向点焊四个点, 使得管桩能够临时固定, 然后将导向箍卸掉。由 2 名焊工对称分层均匀地施焊, 分层层数为 3 层, 接头位置的 U 型口应焊接饱满连续。每层焊缝质量应认真检查, 焊渣一定要清理干净, 不得出现咬边、气孔和夹渣等现象, 每层焊缝的接头应错开, 焊缝的厚度应 $\geq 12\text{mm}$ 。焊接完成后应等待 8min, 等焊缝自然冷却后方可继续锤击管桩, 严禁一焊接完成立即锤击沉桩。在沉桩之前应采用防腐油漆将接头处铁件涂刷 2 遍, 做好防腐工作。

5.8 终止沉桩

设计要求桩端进入持力层③卵石层 $\geq 1.0\text{m}$, 最后三阵贯入度 $\leq 20\text{mm}/10$ 击。引孔后收锤标准就是以贯入度为主, 桩长为辅。当最后三阵贯入度 $\leq 20\text{mm}/10$ 击而桩长达不到设计要求, 则应继续锤击管桩三阵, 如果后面三阵贯入度依然不大于 20mm/10 击, 那么可以收锤, 让压力释放下, 等隔天再锤击, 如果后面三阵贯入度 $>20\text{mm}/10$ 击, 那么就要重新根据地勘资料判断桩端所处的位置, 在排除断桩情况下, 可以继续锤击管桩。收锤前, 应经监理工程师检查合格后方可收锤。管桩锤击施打过程中应做好打桩施工记录, 比如配桩长度、每米管桩锤击数、入土深度、焊缝高度与长度、送桩长度、地面标高、焊缝外观质量、焊缝冷却时间和最后三阵贯入度等情况, 真实地反映管桩施工情况。

6 质量控制要点

(1) 引孔孔洞和第一节管桩桩身垂直度偏差 $\leq 0.5\%$, 引孔深度应严格控制, 避免超钻破坏持力层稳定性, 桩端进入③卵石层 $\geq 1.0\text{m}$, 最后三阵贯入度 $\leq 20\text{mm}/10$ 击。

(2) 引孔施工与锤击沉桩应连续不间断地进行, 施工间隔时间 $\leq 12\text{h}$ 。

(3) 管桩施工顺序: 密集桩从中间往两边进行施工, 从已施工的冲孔灌注桩一侧往另一侧进行施工。在锤击管桩过程中, 应对已施工管桩桩顶标高进行检查, 如发现上浮现象, 则应重新进行锤击。

(下转第 77 页)

水泥生产对于粘土质原料的质量一般要求为:硅酸率 2.5~3.5, 铝氧率 1.5~3.0, $MgO \leq 3\%$, $(K_2O+Na_2O) \leq 4\%$, $SO_3 \leq 2\%$ 。

水泥生产配料使用的粘土,通常可占原材料用量的 15% 左右。只要满足配料要求,均可尽量直接利用矿山剥离的覆土。对于部分质量指标不符的剥离覆土,可进行适当搭配后利用,通常均可收到较好效果。

国家目前对矿山开采后的生态环境恢复治理要求甚严,开采后的场地均要求在消除地灾隐患的基础上进行复绿等治理。矿山生态环境恢复治理可以充分利用剥离的覆土。特别是带有树根草皮的表层腐殖土,难以用于水泥生产,但却是生态环境治理用土的良好材料,妥善制定方案,其使用数量亦较为可观。

粘土烧制砖瓦是一个传统用途。在当前禁止开山取土烧制砖瓦的大形势下,在诸多地方,无需鼓励就可得到良好的应用。矿山建设时可努力寻求合作并提供方便,以尽量减少剥离物的排放。

3 实例

(1)福建省某外资水泥企业。年产水泥约 200 万 t,年使用剥离的土方量约 10 万 m^3 ,矿体中的夹石全部利用,部分栖霞组围岩作为混合材使用,年用量可达 15 万 m^3 左右。企业生产以来,矿山总剥离量约 500 万 m^3 ,实际排放量约 100 万 m^3 ,剥离物的利用率达 80% 左右。

(2)福建省某民营水泥企业。年产水泥约 400 万 t,由于矿山距水泥厂较远,剥离的土方运输不便而未用于水泥配

料,但夹石全部利用,围岩部分利用。矿山开采后,夹石与围岩的利用量占总产出矿石量的约 37.5%,大大减少了矿石的开采量,达到甚高利用水平。

4 结语

水泥用灰岩矿石消耗量大,资源日益紧缺。夹石的成分多接近矿石质量要求,部分围岩经搭配开采后亦可用于水泥生产,覆土有较多用途。采取适当措施后,矿山剥离物综合利用的潜力较大。矿山开采应加大对于资源综合利用的探索并切实付之实施,既可增加可采矿量、延长矿山服务年限,又可减少排放量。但提高资源综合利用率具有较强的专业性,企业应在加强管理的同时,通过开展过细的专业技术工作,制定切实可行的工作方案,努力做到物尽其用,在为企业创造经济效益的同时,为社会的可持续发展贡献自己的一份力量。

参考文献

- [1] GB 50295- 2008 水泥工厂设计规范[S].
- [2] GB 50598- 2010 水泥原料矿山工程设计规范[S].
- [3] DZ/T 0213- 2002 冶金、化工石灰岩及白云岩、水泥原料矿产地质勘查规范[S].
- [4] 冶金工业出版社 采矿手册 [M].2006.4.

作者简介:薛国良(1983~),男,采矿专业,本科,工程师,主要从事矿山设计、安全咨询等工作。

(上接第 70 页)

(4)引孔后应加强清孔管理,将孔底沉渣清理干净,避免吊脚桩现象出现。

7 结束语

本工程桩基工程施工结束后,根据设计及规范要求对所有管桩进行低应变检测和静载试验,低应变检测结果显示所有管桩均符合设计要求,其中 I 类桩占 97%, II 类桩占 3%,无 III 类和 IV 类桩。静载试验结果显示管桩单桩竖向承载力符合设计要求。土方开挖后对桩位偏位进行检查,桩位偏位均在允许偏差范围内符合设计及规范要求,引孔后锤击管桩的工程质量符合优良的标准。

引孔锤击桩法施工技术有效地解决了本工程地质土层 ②-3 圆砾和 ②-5 含砂砾粉质粘土层较厚和难以穿透的施工难题,并使得土层内压力得以释放,减小了挤土效应,避免了断桩和管桩上浮现象;引孔与沉桩连续进行,使得施工速度大大提高,有效地缩短了工期;与场地内冲孔灌注桩对比,引

孔锤击桩法的应用节约了成本,减少环境污染,优势十分明显。

参考文献

- [1] JGJ94- 2008 建筑桩基技术规范
- [2] 10G409 预应力管桩
- [3] GB50202- 2002 建筑地基基础工程施工质量验收规范
- [4] 王士国,周相国,范喜峰,张良锴.引孔技术在静压预制管桩施工中的应用[J].施工技术,2007(09)
- [5] 董良凤.关于引孔施打的预应力管桩在实际工程中的应用[J].福建建筑. 2016(02)

作者简介:姚伟林,男,1983 年出生,本科,造价工程师、一级建造师(市政工程、建筑工程)主要从事工程造价和工程建设施工管理工作。