

CFG桩在北京某热电厂冷却塔 地基中的应用

王学成

(北方保强国际工程有限公司 北京 100057)

0 前言

CFG桩是90年代初中国建筑科学院地基所研究成果。该桩是以石屑、粉煤灰、碎石和水泥为材料的低粘结性桩,又称水泥粉煤灰碎石桩。这是针对一般的碎石桩在复合地基应用中出现的問題,对其改进而采用的一种桩型。

CFG桩要解决存在于碎石桩承载力与变形的问题,首先要使桩身具有一定强度,因而以碎石为主料渗入一定数量石屑以充填孔隙使级配良好,加一定数量的工业废料粉煤灰,利用其活性以减少胶结材料水泥的用量,改善混合料的和易性,使其具有足够承载力和较小的变形,用以适合软基加固处理的需要。

北京某热电厂冷却塔为1900m²横流式冷却塔,其地基采用了CFG桩复合地基。本工程共完成工作量:开挖土方7500m³,回填土方7000m³,基础桩1251根,混合料灌注量1600m³,石屑垫层752m³。现将有关情况简述如下:

1 场地地质条件

(1) 人工填土:以建筑渣土、粉煤灰和粘性土组成,该层土质松散不均匀,厚0.9~1.6m。

(2) 粉质粘土:可塑状态,中密,湿,厚2.0~3.6m。

(3) 粘质粉土:可塑状态,底部软塑,中密,很湿,厚2.7~4.5m。

(4) 粉质粘土:软塑,局部可塑状态,

中密,稍湿,厚3.0~4.8m。

(5) 卵石层:一般粒径20~40mm,最大粒径130mm,该层被确定为CFG桩持力层,其标高为48.16~49.65m。

该地区地下水位7.0~9.0m,场地标高59.00~60.10m,复合地基土(2)层粉质粘土承载力为180~200kPa。

2 设计方案及技术要求

此类型复合地基的承载力计算按桩与桩间土承载力的叠加即:

$$p_3 \cdot A_3 = p_1 \cdot A_1 + p_2 \cdot A_2$$

式中

p_1 、 p_2 、 p_3 ——桩、桩间土和复合地基的承载力标准值;

A_1 、 A_2 、 A_3 ——桩、桩间土和复合地基的面积。

上式可变更为:

$$f_{k\text{复}} = n \cdot p + f_{k\text{土}} \cdot (1 - nA)$$

式中 $f_{k\text{复}}$ ——复合地基承载力标准值 (kPa);

n ——布桩密度 (个/m²);

$f_{k\text{土}}$ ——桩间土的承载力标准值 (kPa);

p ——单桩承载力标准值 (kN);

A ——桩的横截面积 (m²)。

复合地基的布桩设计依据下列资料考虑:

- (1) 构筑物基础平面图;
- (2) 地基绝对标高;
- (3) 工程勘察报告;

(4) 结构设计所要求的复合地基应达到的承载力;

(5) 单桩承载力(通过试验取值)。依此桩布置见图1。

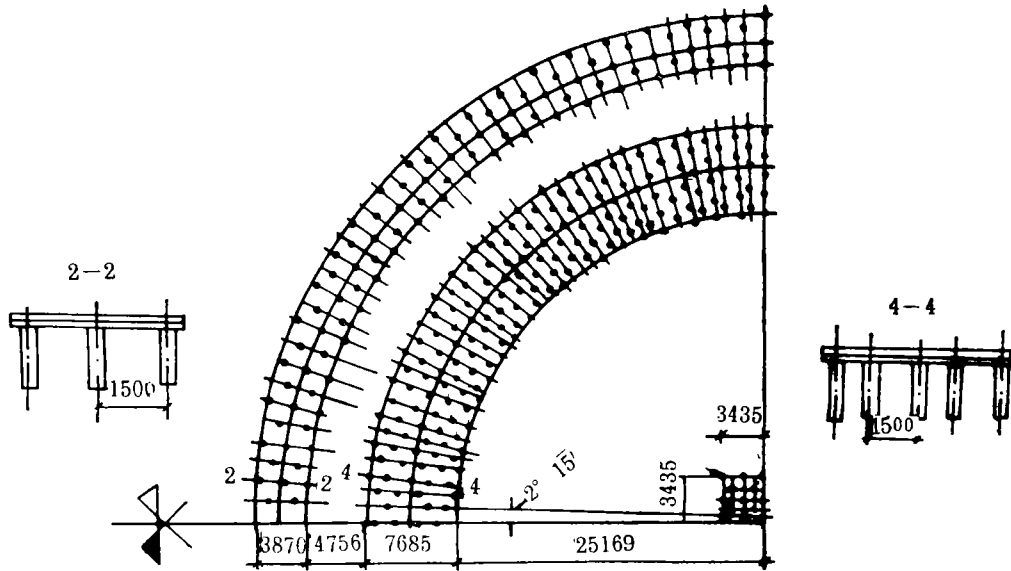


图 1 桩位布置图(1/4桩位布置)

为保证工程质量严格要求执行中国建筑科学研究院地基所《CFG桩施工与验收规定》进行施工,要求成桩后平均桩径达370mm;桩端座在卵石层上;桩长9m;桩身粉煤灰掺达150%;施工偏差为:(1)桩长允许偏差 $\leq 10\text{cm}$;(2)桩径不能小于设计桩径;(3)垂直度允许偏差 $< 1\%$;(4)桩位允许偏差:轴线方向 $\leq 6\text{cm}$;切线方向 $< 8\text{cm}$ 。

3 施工工艺

- (1) 回填土方、碾压和场地平整
- (2) 桩位放线
- (3) 导孔施工

为保证CFG桩的质量,减少土层侧向挤压对已成桩的影响,本工程采用长螺旋钻机打导孔的施工方法($\phi 280\text{mm}$,孔深4~5m),并严格控制导孔垂直度,因为导孔直接影响振动沉管施工的桩身垂直度,要求在1%以内。

(4) CFG桩施工

本工程采用兰州建筑通用机械厂生产的DJB-25型振动沉拔桩机,振锤功率60kW。

(5) CFG桩混合料配比与搅拌

水泥采用普通硅酸盐425#水泥,石屑0.5~1cm,碎石0.5~3.2cm,粉煤灰由该工地电厂提供,经试验室试验配比为0.89:1:0.75:1.87:6.27(水:水泥:粉煤灰:石屑:碎石)每盘搅拌时间为1分钟,坍落度设计要求3~5cm。

6. 挖土方、凿桩头、做褥垫层

挖除至褥垫层底标高以上的桩间土要严格控制挖土标高,不得超标。

凿桩头采用钎子从桩四周向中心凿,凿至设计标高后,要经修正、找平、应保证桩头表面平整。

褥垫层按17~18cm铺设,经适当碾压达到设计要求厚度15cm。

4 CFG桩静载试验

压桩四根分别为A₁₅₋₇、B₁₀₋₅、C₂₅₋₅、

D7-6, 单桩静载试验结果列于表1。

表 1 单桩静载试验结果数据表

试 桩 编 号	比 例 极 限		5mm		$p_s/2$		1/2最大荷载	
	变 形 (mm)	荷 重 (kN)	变 形 (mm)	荷 重 (kN)	变 形 (mm)	荷 重 (kN)	变 形 (mm)	荷 重 (kN)
A35-7	1.56	180	5.00	310	1.56	180	—	—
B30-5	2.04	225	5.00	423	—	—	1.87	212.5
C28-6	2.05	180	5.00	263	2.05	180	—	—
D7-6	1.86	215	5.00	347	—	—	1.985	225

注: p_s ——极限荷载。

复合地基承载力依单桩推算, 该工程未进行复合地基的载荷试验。

5 竣工后的沉降观测

冷却塔全部工程竣工后进行沉降观测, 共设 8 个观测点, 见图 2。其观测结果列于表 2。

表 2 1900m²横流式冷却塔
沉降观测记录表

观测点	原始值为M	第一次观测	第二次观测
2-1	61.02160	61.01706	61.01755
2-2	61.03212	61.0889	61.02958
2-3	61.04272	61.03714	61.03716
2-4	61.03600	61.02621	61.02621
2-5	61.02359	61.01475	61.01474
2-6	61.01638	61.01470	61.01271
2-7	61.02263	61.01847	61.01898
2-8	61.02244	61.01759	61.01898

观测结果证明冷却塔沉降量达到设计要求。

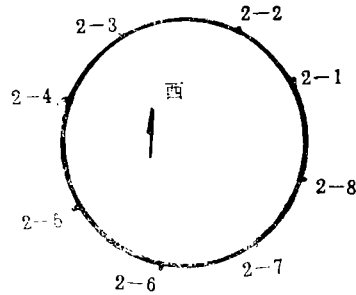


图 2 8个观测点位置图

6 施工中解决的几个技术问题

(1) 持力层勘察资料准确性问题

由于已有的工程勘察资料不够详细, 不能控制场地内桩的准确深度及施工工艺有关问题。为此围绕塔基圆周作 24 个静力触探点, 用以确定桩孔终孔深度、导孔深度以及通过试验桩确定工艺技术要求, 例如卵石层钻进要采用振动沉管加压钻进工艺, 为在工程桩施工时准确判断卵石层及进入深度, 必须依实际试验该层的贯入度及激振电流。

24 个静力触探点勘测结果表明, 持力层埋深在场地范围内变化较大, 该层顶板埋深最小 9.28m, 最大 12.6m。为此在场地勘察资料不详尽的条件下, 采用适当的勘察手段补充是很有必要的。

(2) 桩身挤压问题

用振动沉管方法施工不论是碎石桩或混

凝土桩均属地层挤密型,因此桩间挤压问题确实存在。建研院地基所在CFG桩项目试验研究中,曾在南京造纸厂软土地基处理工程中,开挖桩周土检查桩身质量时,发现桩身被严重挤扁现象。产生此现象的原因,是由于激振力将桩周土体产生较大竖向和侧向挤压力;另外地基土中来不及消散的超孔隙水压力,使地基土隆起、邻近桩的挤压变形或挤断。

本工程所采取的措施有三:首先是设计采取布桩时,考虑到合理间距;其次是采用打导孔的施工方法用以减少桩间土和超孔隙水的挤压。由于导孔施工可使地层土间压力得到释放,因此挤压现象得到缓解。该工程采用打 $\phi 280\text{mm}$,孔深4~5m导孔。实践证明,取得较好效果;再次是施工桩孔顺序采用跳打方法,而且施工的相邻桩间隔5天时间,使桩具有一定初期强度后,避免桩间挤压变形或断桩。

(3) 桩径变化问题

CFG桩施工中拔管速率是直接影响到桩径变化的主要原因。过高的拔管速率会使桩径变细、缩颈或断桩;由于拔管过慢振动时间过长,会使得端部桩体水量含量较少、桩顶浮浆过多,而且桩体混合料容易产生离析现象。为此该工程使用DJB-25型沉拔桩机拔管速率在1.2~1.5m/min之间。施工中对规定范围进行部分调整,在较硬地层控制在1.5m/min左右,在较软地层控制在1.2m/min左右。本工程没有采取提升一段距离留振一段时间的方法,考虑到此法在非留振时间内速率大,易造成桩径变小或缩径、断桩;另外拔管的全程时间消耗较大。

此外,在沉管至预定深度后,采用松开

加压钢丝绳,振锤自由振动,直到1分钟内贯入度小于40cm停锤,结束桩孔沉管,用以控制桩尖端进入持力层。在沉管过程中根据激振电流及地层变化进行记录。

(4) 桩头浮浆的控制

由于用振动沉管工艺完成CFG桩,存在一定缺陷,如振动作用造成混合料在一定深度内离析;施工中土体侧向挤压易造成已打桩体的缩径以及成桩桩顶标高难于控制等,为此要求施工中要留置一定长度的保证桩长。依据该工程的地质条件、地下水位、桩间距、设计桩顶标高等因素,综合考虑保护桩长定为70cm。根据凿桩头过程中证实用此长度保护桩长是合适的。

(5) 调整桩间土的相对变形

复合地基是利用桩、土共同承担荷载,其实质是调整桩土间的相对变形。

本工程采用石屑(0.5~1cm)铺设180mm厚的褥垫层,为使场地铺设厚度均匀,利用石碾滚压,经碾压后的褥垫层有效厚度达150mm,满足设计要求。

(6) 混合料的坍落度控制

坍落度的大小对桩身强度、浮浆的多少有直接影响。根据建研院地基所试验最佳范围在3~5cm左右。

该工程采用普通硅酸盐425^{*}水泥,水灰比0.8,按试验室配方坍落度一般高于5cm,可达6cm左右,经试块强度试压可达17~19.2MPa,超出设计要求。从现场和试验室试验混合料达到坍落度3~5cm较为困难,其原因经初步分析认为是骨料级配不理想造成。为此建议以后CFG桩改用粗中砂代替石屑比较合理。