

粉煤灰作地基填料的工程实践

王宪晓

ENGINEERING PRACTICE - FLY ASH AS
FOUNDATION PACKING

WANG Xianxiao

太原市某住宅小区位于大同路原蔬菜公司废弃的菜窖上,建筑面积约 5 万 m^2 ,因场地低洼(约比路面低 3 m 以上),设计拟采用黄土分层碾压填平,因土源运距远,造价高,拟采用毗邻的太钢自备电厂粉煤灰贮场的粉煤灰代替黄土作为地基垫料,在产生可观的经济效益的同时,又能带来良好的环保效益和社会效益。但粉煤灰是轻质、松散、毫无粘性的工业弃料,可否用作填料,须通过试验验证。

1 粉煤灰作垫层材料的可行性

(1) 粉煤灰的 pH 值约为 7,属中性材料,对建筑材料无侵蚀作用。

(2) 粉煤灰的平均粒径 d_{50} 为 0.016 ~ 0.031 mm,不均匀系数 C_u 为 3.06 ~ 10.91,粘粒含量 5% ~ 7%,塑性指数 I_p 为 4 ~ 8,由此判定其土性归类介于粉沙与粉土之间。

(3) 粉煤灰的干密度 ρ_d 经压实后最低值为 0.75 g/cm^3 ,当最佳含水率为 40% 时,相应最佳干密度 ρ_d 可达 1.05 g/cm^3 ,平均值为 0.90 g/cm^3 ,属于密实状态。

(4) 太钢自备电厂粉煤灰属湿法排放,故不存在湿陷性,经测定湿陷系数 δ_s 为 0.001 ~ 0.007,平均值为 0.004,均小于湿陷性黄土规范值(0.015),可判定为非湿陷性土类。

(5) 据冶金部建筑研究总院勘察室对粉煤灰所做室内动三轴振动液化试验(地下水按地表下 0 m 计算),表明压实后的饱和粉煤灰当设计烈度为 8

度、近震情况下,其抗液化剪力 τ_c 大于等效平均剪力 τ_{av} ,因而做地基垫层经压实后不会液化;若在设计烈度 9 度区,应通过试验采用。

(6) 粉煤灰的压缩系数 a_{1-2} 经测定在 1.2 ~ 0.6 之间,即在中等与低压缩性之间,取值高低取决于粉煤灰的压实质量。

2 现场压实试验

粉煤灰压实后的承载力标准值能否达到工程要求是可否用作垫层材料的关键。压实试验中,发现粉煤灰的含水率与压实质量有密切关系。若将粉煤灰含水率控制在最佳状态,需花费大量人力、物力、时间与场地进行晾晒,故采用自然状态下的粉煤灰,含水率为 40% ~ 70%,压实后承载力标准值达 200 ~ 270 kPa,其最低值已能满足一般多层住宅工程承载力的要求,在最佳含水率(40%)时,压实后最大承载力标准值可达 270 kPa。

因粉煤灰地基垫层做在振动挤密砂卵石桩上,振动挤密砂卵石桩处理后的地基具有良好的渗水性,可使粉煤灰垫层的承载力随含水率降低而提高,即随着龄期而增长。碾压施工后 15 d 和 6 个月分别测定承载力标准值并作对比,发现承载力标准值增长 35% ~ 45%,可以减小建筑物的沉降量,确保工程的安全。

3 地基处理设计

本住宅小区地势低洼,属汾河 I 级阶地,自然地面以下 -4.500 ~ -5.500 m 为杂填土,承载力平均为 40 kPa,个别地段几乎为零;-5.500 ~ -15.000 m 为粉土与粉质粘土类,承载力标准值均

大于 110 kPa,且为非液化土层。

设计采用振动挤密砂卵石桩进行地基处理,桩径 400 mm,按三角形布桩,桩距为 1 m,桩长为 6 m,因砂卵石桩属柔性桩,故在基础轴线外布置了 3 排桩,使条基外有一排护桩。填料要求充盈系数为 1.3。施工中虽按设计要求灌入大量砂卵石,但地面反而下沉 0.5 m 左右,说明振动挤密砂卵石桩除对地基有挤密效果外还有良好的振密效果。并且砂石桩体成为渗水通道,随孔隙水压力的消散,促进了桩间土固结,使处理后地基承载力标准值成倍增长,达到了设计要求大于 130 kPa 的承载力。在砂石桩上做粉煤灰地基垫层,设计要求条基底面承载力标准值大于 150 kPa,粉煤灰垫层压实后能满足此要求。

4 施工工艺

4.1 虚铺厚度

采用 40 型铲车铺垫与整平粉煤灰,每层厚度控制在 300 ~ 350 mm,现场配备测量人员控制标高。

4.2 压路机选择

由于粉煤灰是轻质、松散、无粘性的工业弃料,用振动压路机碾压不但对本层压实效果不好,且有可能扰动下一层已压实的粉煤灰层;另因采用自然状态的粉煤灰含水率偏高,极易产生“橡皮土”现象,所以也不宜采用大吨位的压路机碾压,通过反复试验,决定采用 8 ~ 12 t 普通压路机。

4.3 碾压遍数

通过试验确定采用 8 t 压路机十字交叉压 12 遍;10 t 压路机十字交叉压 10 遍;12 t 压路机十字交叉压 8 遍,并要求压轮印互搭 30 ~ 50 mm,取样检测合格后,即可再铺垫再碾压。

4.4 “橡皮土”的处理

当粉煤灰的含水率接近饱和(约 70%)时碾压极易出现“橡皮土”。由于粉煤灰的渗水性好,下层砂石桩渗水性亦较好,多余的水分较易蒸发和下渗,若气温较高,且工期允许,一般晾晒 1 d 后再补压两遍即可满足要求;若受气候和工期限制,在“橡皮土”范围内填入砂、石粉补压,亦可满足压实要求。

王宪晓,1963 年 3 月生,山西平遥人,太原市凯基房地产有限公司,副总经理,030009,山西太原

收稿日期 2001-11-18

在深厚高含水率软土地层中的 沉管桩工程实例

刘德渊

ENGINEERING CASE OF DEEPLY SINKING PIPE PILING IN HIGH CONTENT WATER-BEARING SOIL

LIU Deyuan

厦门地区近海处场地软土层多为饱和状态,含水率高。本文对比一些场地地质土层中淤泥层厚、含水率高(达 60%~80%)的沉管灌注桩基础施工现象及测试结果,并探讨施工工艺。

1 工程质量事故实例

1.1 工程概况

某中心综合楼拟建 7 层,场地原为海湾耕地,经填地平整,地基土层从上至下依次为:人工填土层厚 1.70~2.90 m、淤泥层厚 11.20~13.60 m、中砂层厚 4.50~6.30 m、残积粉质粘土等。桩基采用直径 500 mm 锤击沉管灌注桩,桩身混凝土强度等级为 C20,单桩竖向承载力标准值为 580 kN,原设计持力层为残积粉质粘土,由于在施工中沉管桩桩尖均未能穿透中砂层,因此将中砂层作为持力层。

本工程桩基施工中常有以下几种现象:(1)开始锤击沉管,桩尖一穿透填土层沉管速度就非常快,仅数锤桩管就贯入 11~13 m;(2)混凝土灌注至施工地面时常有混凝土泥浆大量冒出;(3)由于所有桩桩尖未能穿透中砂层,故将中砂层作为持力层,并进行全复打处理,使桩径达 700 mm。

刘德渊,1965 年 10 月生,福建厦门人,厦门市建筑科学研究院地基室副主任,361004 厦门
收稿日期:2001-10-23

1.2 测试结果及分析

桩基工程竣工后,由有关部门选取 3 根桩进行静载荷试验,试桩结果表明 3 根试桩的极限承载力均未能达到委托试验荷载 1 200 kN,其中 1 号试桩的极限承载力仅有 360 kN,远低于设计承载力,2 号、3 号试桩极限承载力为 960 kN,均不能满足设计要求。再选取 72 根桩进行低应变动测,结果为 I 类桩 35 根、II 类桩 33 根、III 类桩 3 根、V 类桩 1 根,I、II 类桩占 95%,可认为该场地以低应变动测检测出的桩身质量基本正常。由于动测与静载检测结果之间存在差异,决定再从 35 根 I 类桩中选取 3 根桩进行静载荷试验。

从静载试验试桩 $Q-s$ 曲线图中可看出,4 号试桩极限承载力达到委托试验荷载, $Q-s$ 曲线为缓变型,其余 5 根试桩均为陡降型,出现明显陡降段。1 号试桩经动测查明为 V 类桩,在桩顶下约 5.0 m 处桩身破坏。3 号试桩未经动测,桩身质量未知。2 号试桩是 II 类桩,5、6 号试桩均为 I 类桩。经分析其 $Q-s$ 曲线也出现陡降型,且极限承载力较低的原因如下:(1) 场地土层为深厚高含水率的软土地层,不宜采用沉管灌注桩;(2) 地层的承压水影响了桩身质量,所以,该工程场地选用沉管灌注桩易出现问题。

5 沉降观测

根据《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7-89)附录一沉降观测要点要求进行沉降观测。即在住宅小区 7 栋住宅楼压力影响范围以外布置 5 个水准基点,对建筑物沿纵墙小于或等于 10 m 布置 1 个沉降观测点,共观测 2 年 3 个

月,每隔 2 个月观测一次,最后一次沉降量皆已控制在 1.5 mm 以内,即认为建筑物沉降已稳定。

从沉降观测结果看,累计沉降最高值为 118 mm,以碾压粉煤灰总厚 3 m 计,每米沉降量约为 40 mm,仅为 4%。观测点之间 10 m 距离最大沉降差不足

2 两个地质条件相似桩型相同的实例

某公司综合楼工程场地地层特征为:①素填土,层厚 2.30~2.90 m;②淤泥,层厚 10.90~13.05 m;③中砂,层厚 3.80~5.40 m;④残积粉质粘土。

某花园 A1 栋工程场地地层特征为:①素填土,层厚 2.30~2.90 m;②淤泥,层厚 12.09~16.50 m;③粉、细砂,层厚 0.85~6.30 m;④残积粘土;⑤残积砂质粘性土。

这两个工程的地质特征指标几乎相同,都有深厚高含水率淤泥层,各种指标相差不大。桩基础亦采用锤击沉管灌注桩,锤击沉管时桩尖一穿透填土层,沉管速度就非常快,仅数锤桩管就贯入 11~13 m。混凝土灌至施工地面时,常有混凝土泥浆大量冒出等现象。

这两个工程共选取 5 根工程桩进行静载试验,结果表明 5 根试桩沉降量小, $Q-s$ 曲线平缓,极限承载力均不小于 1 000 kN。

在淤泥层中沉管速度快,表明高含水率淤泥阻力很小,若再锤击沉管,在深厚淤泥层中桩尖易脱离桩管,桩管和桩尖之间就会夹入淤泥,桩的端承力也就无法发挥,且这种桩的缺陷在桩的最底端,用低应变动测无法查出。在原桩位第二次安放桩尖进行全复打,虽可使桩尖在淤泥中的下沉速度变慢,但在高含水率、饱和、流塑状态的深厚淤泥层,灌注的混凝土不易成型,易流失,即使全复打,沉管中若锤距过大,也可能会有流泥夹入。

施工出现冒浆现象,说明场地土层下有承压水,才可能把混凝土泥浆冲出,是砂层承压水的压力大于管内混凝土桩的压力或管内混凝土中有空隙,才把混凝土泥浆冲冒出地面。承压水的
(下转第 189 页)

10 mm,局部倾斜 0.001,比规范要求小一半以上,可以认为沉降是均匀的。

观测期间,发现 6 号楼伸缩缝东侧的 3 个单元,由于施工供水管漏水浸入地基,时间达 3 个月之久,但沉降观测结果,显示该楼地基并未由于长时间的大量浸水而发生异常现象。