

孔内深层强夯法处理湿陷性黄土应用实例

仇道健^{1,2}, 胡效雄², 惠寒斌²

(1. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 黄河勘测规划设计有限公司地质勘探院, 河南 洛阳 471002)

中图分类号: TU472.3 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2007)S1-0231-01

孔内深层强夯法(down-hole dynamic compaction)即 DDC 技术, 是一种新型深层地基处理方法, 近年来在大量工程实践中得到应用, 取得了显著的技术经济效益。该法先成孔至预定深度, 然后自上而下分层填料强夯或边填料边强夯, 形成高承载力的密实桩体和强力挤密的桩间土。该法适用于素填土、杂填土、砂土、粘性土、湿陷性黄土、淤泥质土等地基的处理。

1 工程概况

洛阳市宏伟世纪大厦位于洛阳市凯旋西路, 平面呈矩形, 面积 55.7 m × 15.9 m, 地上 14 层, 地下 1 层, 基底埋深 -5.0 m, 框架结构, 柱底最大轴力 9500 kN, 安全等级为二级。

2 地基处理方案的选择

经综合人工挖孔灌注桩、强夯方案、灰土桩与 CFG 桩联合处理以及 DDC 法 4 种地基处理方案, 对其优缺点及经济效益进行分析, 最终确定采用 DDC 渣土桩复合地基处理方案。

渣土桩复合地基(composite subgrad of slag-soil pile)是指用建筑垃圾、杂土、素土、石料、灰土、无毒工业废料及它们的混合物等为填料, 采用 DDC 法进行施工形成具有较高承载力的复合地基。

地基处理要求:

复合地基承载力 $f_1 \geq 350$ kPa; 消除地基土的湿陷性; 复合地基刚度均匀。

3 设计计算

3.1 桩孔直径设计

根据成孔机械、施工工艺和场地地质情况确定

桩孔直径, 一般以 350~450 mm 为宜。土质较软孔径宜偏小, 土质较硬孔径宜偏大。本工程采用 450 mm 桩孔直径。

3.2 桩孔中心距设计

从消除土的湿陷性和提高地基土的承载力两方面考虑桩孔中心距的设计。

(1) 为消除土的湿陷性, 挤密后桩间土的平均挤密系数不应小于 0.93, 当按等边三角形布孔时, 桩孔中心距按有关公式计算, 确定为 1.05 m。

(2) 从提高地基土的承载力考虑, 可由复合地基承载力公式确定桩孔中心距。

实际桩孔中心距由以上 2 方面综合考虑, 并取二者的小值。本工程采用桩孔中心距为 1.05 m。

3.3 布桩范围的确定

DDC 法属夯扩挤密处理方法, 处理范围应大于基础底面宽度, 以保证地基的稳定性。局部处理通常不考虑防渗隔水作用。根据《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025-2004) 要求, 对于非自重湿陷性黄土、素填土、杂填土等地基, 处理范围每边超出基底边缘的宽度 $\leq 0.25b$ (b 为基础短边宽度), 且不小于 0.5 m。对于自重湿陷性黄土场地, 地基处理范围每边超出基底边缘的宽度 $\leq 0.75b$, 且不小于 1.0 m。这样可使基底下被处理的土层不致产生不良的侧向变形。整片处理通常要求具有防渗作用。每边超出建筑物外墙基础边沿的处理宽度按处理土层厚度的 1/2 确定, 且不应小于 2.0 m。

本工程采用整片处理, 处理范围为每边超出基础边缘 4 m。

3.4 桩长设计

桩长的设计原则为: DDC 桩由于采用钻孔成孔
(下转第 230 页)

收稿日期: 2007-05-30

作者简介: 仇道健(1971-), 男(汉族), 山东人, 中国地质大学(武汉)研究生在读, 黄河勘测规划设计有限公司地质勘探院, 地质工程专业, 从事岩土工程勘察、施工技术等工作, 河南省洛阳市。

浆量 0.3 m^3 。经土工试验和水泥土矿物成分分析,得知上返的水泥土重度 $G = 19 \text{ kN/m}^3$,土重占 70%,水泥重占 30%。则桩体实际水泥掺入比为:

$$a_w = \frac{\text{掺加水泥质量} - \text{返浆水泥土中水泥质量}}{\text{加固土质量} - \text{返浆水泥土中土质量}} \times 100\%$$

$$a_w = (0.19625 \times 1750 \times 0.15 - 0.3 \times 1900 \times 0.3) / (0.19625 \times 12 \times 1750 - 0.3 \times 1900 \times 0.7) \times 100\% = 12\%$$

如考虑桩与桩搭接影响,则:

$$a_w = \frac{0.19625 \times 1750 \times 0.15}{(0.19625 - 0.19885 + 0.12495) \times 1750} \times 100\% = 24\%$$

如不仅考虑桩与桩搭接,且考虑返浆影响,则:

$$a_w = \{ (0.19625 \times 1750 \times 0.15 - 0.3 \times 1900 \times 0.3/12) / [(0.19625 - 0.19885 + 0.12495) \times 1750 - 0.3 \times 1900 \times 0.7/12] \} \times 100\% = 20.6\%$$

由此可见,设计水泥掺入比并不能代表实际的水泥掺入比,尽管设计的水泥掺入比为 15%,而桩体的实际水泥掺入比如考虑返浆影响,则降低为 12%,如考虑桩与桩搭接影响则为 24%,如两者均考虑则为 20.6%。说明在实验室内的试块强度与实际施工中的试块强度相比,虽然有折减,但幅度还

(上接第 231 页)

或用洛阳铲掏孔,因此桩长不受条件限制,考虑到 4.0 m 以内一般采用较为简便的换填法等处理,故一般桩长 > 4.0 m 均可采用 DDC 技术进行处理,处理深度一般为 4~30 m。

当以消除地基湿陷性为主要目的时,对非自重湿陷性黄土地基,一般处理至地基压缩层下限,或处理至附加应力与自重应力之和大于湿陷起始压力的全部土层止。

当以提高地基承载力为主要目的时,应对基底持力层范围内的高压缩性 ($a_{1-2} \geq 0.5 \text{ MPa}^{-1}$) 土层进行处理,下卧层顶面的承载力应满足设计要求。

当以减少沉降量为主要目的时,可用沉降量控制。沉降的计算按《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-2002) 执行。

本工程以处理湿陷性和提高地基承载力为主要目的,桩长穿透湿陷性黄土层,至⑦层砾砂顶面,桩长按 20 m 考虑。

3.5 桩孔填料的选用

DDC 技术的最大特点之一就是对填料要求不

够。要想确定合适的设计掺入比,还应考虑桩与桩的搭接及上返的水泥浆量对掺入比的影响,这样才能得出比较符合实际的水泥掺入比,从而为准确地确定桩体强度提供依据。

3 结语

水泥搅拌桩止水帷幕规范要求桩与桩搭接宽度 $\leq 15 \text{ cm}$,所遇地层一般都是含水量丰富、饱和度高的软粘土,存在搭接和返浆现象,因此,在确定水泥掺入比时,要考虑因搭接使实际水泥掺入比偏大、因返浆使实际水泥掺入比偏小的问题。在设计时要紧密结合现场土层性质,在有代表性试桩的基础上,通过细致的土工试验,同时考虑二者的影响,确定出合适的水泥掺入比,不要过分依赖与现场有出入的室内试验。

参考文献:

- [1] JGJ 79-2002,建筑地基处理技术规范[S].
- [2] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].
- [3] 龚晓南.深基坑工程设计施工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [4] 牛志荣,等.地基处理技术及工程应用[M].北京:中国建材工业出版社,2004.

严,可就地取材,凡是无机固体材料均可,如土、砂、碎石、建筑垃圾、碎砖块、混凝土块、粉煤灰等工业废料均可加以利用,且不需要严格加工。

DDC 桩体材料标准:粉料的含水量一般宜接近天然地基的最优含水量,允许偏差 $\pm 3\%$,如果天然地基的含水量较高,可适当降低填料的含水量。填料配比可根据地质情况或试验确定,一般对含水量偏高或软地基可适当加大硬骨料的比,骨料粒径 $\geq 120 \text{ mm}$,填料有机物含量 $> 5\%$ 。

本工程填料采用建筑垃圾、碎石及少量生石灰,以附近旧房拆除的废料为主。

本工程共布置 DDC 渣土桩 1132 根,实际有效施工期 62 天。

4 质量检测

本工程通过采取挤密后地层土样进行压实系数试验,结果表明 $\bar{\eta}_c \geq 0.93$;通过现场静载试验,结果表明复合地基承载力特征值均大于 350 kPa。既消除了湿陷性,又满足了地基承载力特征值的要求。