

文章编号:1007-2993(2020)05-0273-03

# CFG桩在非自重湿陷性黄土地层中的应用

孙金龙

(北京矿务局综合地质工程公司,北京 102300)

**【摘要】** 以张家口下花园区鸿翔美域地基处理工程实践为例,结合CFG桩复合地基技术原理,充分利用非自重湿陷性黄土达到湿陷起始压力前能够承担荷载的特点,通过调整桩、土之间的荷载分配,控制非自重湿陷性黄土承担的荷载不超过其湿陷起始压力,可以在不专门消除黄土湿陷性的情况下,使地基在承载力和沉降控制方面达到建筑物设计要求,从而较大幅度降低地基处理成本,为非自重湿陷性黄土地基处理提供了新方案。

**【关键词】** CFG;非自重湿陷性黄土;地基处理

**【中图分类号】** TU 472

**【文献标识码】** A

doi: 10.3969/j.issn.1007-2993.2020.05.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Application of CFG Pile in Non-self-weight Collapsible Loess Stratum

Sun Jinlong

(Comprehensive Geological Engineering Company of Beijing Mining Bureau, Beijing 102300, China)

**【Abstract】** Taking Hongxiangmeiyu foundation treatment project in Xiahuyuan District of Zhangjiakou as an example, combined with the technical principle of CFG pile composite foundation, the characteristics of non-self-weight collapsible loess bearing load before reaching the initial collapsible pressure are fully utilized. By adjusting the load distribution between pile and soil, the load of non-self-weight collapsible loess should not exceed its initial collapsible pressure, which can be controlled under the condition of collapsibility. The bearing capacity and settlement control of foundation can meet the design requirements of buildings, thus greatly reducing the cost of foundation treatment, and providing a new treatment of non-self-weight collapsible loess foundation.

**【Key words】** CFG; non-self-weight collapsible loess; foundation treatment

### 0 引言

水泥粉煤灰碎石桩(CFG桩)复合地基技术近年来日臻成熟,应用较广,经济技术指标较好,其原理是利用水泥、粉煤灰、碎石、石屑或砂石等加水拌和形成的高黏结强度桩,和桩间土、褥垫层一起形成复合地基<sup>[1]</sup>。这种复合地基一方面发挥了桩间土固有的承载力,另一方面充分利用了CFG桩强度比桩间土高的特点,在承受较大地基荷载的同时,能够将桩顶荷载向深部地层传递,从而减少桩间土荷载,提高承载力的同时,减少地层压缩变形。由于充分发挥了桩间土、桩体共同承载荷载的作用,以及发挥了CFG桩不配筋、掺合料成本低的经济优势,使得CFG桩复合地基技术得到了广泛应用。

在湿陷性黄土地区进行地基处理时,需要消除

黄土的湿陷性,通常采用桩基础、垫层法、强夯法、挤密法、预浸水法等,成本相对较高。在非自重湿陷性黄土地区,选用上述地基处理方法时,都没有发挥非自重湿陷性黄土地层的湿陷起始压力能够承担部分荷载的作用。从理论上讲,如果能够部分利用非自重湿陷性黄土地层的湿陷起始压力,再通过补充部分承载力,从而达到建筑物对承载力和沉降控制的要求,可以有效降低地基处理成本。考虑到现有CFG桩复合地基工艺可以有效利用桩间土承载力的特点,将CFG桩应用在非自重湿陷性黄土地区地基处理工程中,可以有效降低非自重湿陷性黄土地区地基处理成本<sup>[2]</sup>。

本研究以张家口下花园区鸿翔美域住宅小区一期1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup>楼地基处理工程为例验证上述理论可行

性。利用该工程地基处理地层为非自重湿陷性黄土的特点,从设计到施工,将 CFG 桩复合地基技术引入到该项目地基处理工程中,通过施工管理、复合地基检测、竣工验收及后期的监测,证明了将 CFG 桩复合地基技术应用于非自重湿陷性黄土地层中,能够满足建筑物对地基处理的要求,能够较大幅度节省地基处理成本。

## 1 工程概况

本工程拟建场地位于河北省张家口市下花园新开发区,拟建场地长约 370 m,宽约 200 m,占地面积约 74000 m<sup>2</sup>。其中 1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup>住宅楼均为地上 12 层、地下 1 层建筑。

该区域属于中国湿陷性黄土工程地质分区中 IV 山西—冀北地区,距离北京 120 km。依据勘察报告,该场地属于山前冲洪积扇地貌单元,场地岩性上部为黄土状粉土(以下简称粉土)、角砾、粉质黏土,下部为砂砾岩。本场地第①层杂填土地质时代为 Q<sub>4</sub><sup>2</sup>,不能作为地基持力层。第②层粉土、第③层粉质黏土的地质时代均为 Q<sub>4</sub><sup>1</sup>,均为山前冲洪积堆积物。第②层粉土具轻微—强烈湿陷性,第③层粉质黏土具轻微—中等湿陷性。

依据勘察报告,该场地的湿陷起始压力在地表 4.50 m 以下均大于 100 kPa;其湿陷系数随深度的增加逐渐减小,整体上截止到地表 8.0 m 以下已不具湿陷性。②层粉土和③层粉质黏土均不具自重湿陷性,场地属非自重湿陷性场地。场地地基湿陷等级为 II 级(见图 1)。

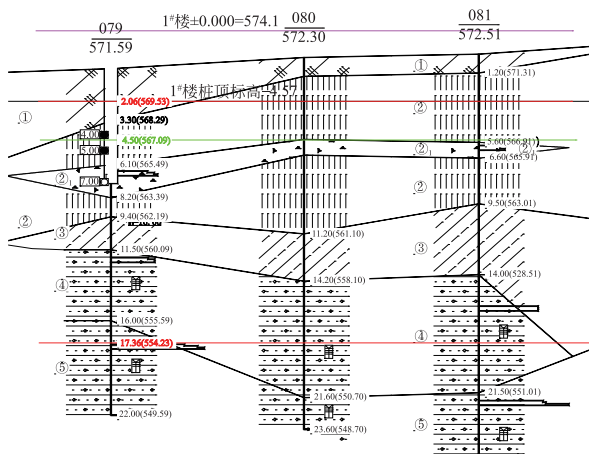


图 1 鸿翔美域项目地层分布及相关参数图

勘察结果表明,该小区所处地基为非自重湿陷性黄土地区,对建筑十分不利,须进行地基处理或采用桩基础方案<sup>[3]</sup>。

## 2 采用 CFG 桩技术可行性分析

场地地层和基础埋深有以下特点:(1)基础埋深超过了 4.5 m,可以将不宜作为地基的土层挖走;(2)地表以下 4.5 m 至 8.0 m,地层为非自重湿陷性黄土,湿陷起始压力超过了 100 kPa,这部分地层在提供不超过 100 kPa 承载力的情况下,不会发生湿陷,为地基处理采用 CFG 桩复合地基技术提供了条件,在进行 CFG 桩设计时,可以控制桩间土承载力不超过 100 kPa,控制复合承载力达到建筑物要求,并进行沉降计算,确保承载力和沉降控制均符合要求<sup>[4]</sup>;(3)地表 8.0 m 以下的土层,不具备湿陷性,通过 CFG 桩能够将桩顶荷载向深部土层传递,从而减少桩间土荷载,提高承载力的同时,减少土层压缩变形。

通过以上特点分析可以看出,在该场地采用 CFG 桩复合地基能够利用 CFG 桩的优点,发挥非自重湿陷性黄土在达到湿陷起始压力前能够承担荷载的作用,在不专门消除湿陷性的情况下,满足建筑物对承载力和沉降控制的要求<sup>[5]</sup>。

在设计计算时,首先设定桩间土承载力不超过非自重湿陷性黄土的湿陷起始压力,通过调整桩间距、面积置换率以及褥垫层参数,将剩余设计荷载由桩体来承担,从而控制桩间土承担荷载不超过湿陷起始压力。

以该项目 1<sup>#</sup>楼 CFG 桩设计为例,该楼设计要求处理后复合地基承载力特征值不小于 240 kPa,最大沉降量不大于 100 mm,整体倾斜度不大于 0.30%。CFG 桩设计见图 2。CFG 桩复合地基设计结果如下:

(1)若基底埋深未超过 4.5 m,施工前应清除基底土层至地表下 4.5 m,若局部含有杂填土层,应全部清除,而后采用 1:9 灰土分层夯实回填至设计桩顶标高,夯实回填土的压实系数不小于 0.95,夯实回填土的地基承载力特征值经检测不小于 100 kPa,桩间土为夯实回填土层,地基承载力特征值按 100 kPa 考虑。

(2)若基底埋深超过 4.5 m,则不换填,桩间土为原状非自重湿陷性土层,地基承载力特征值按 100 kPa 考虑。

(3)桩端持力层为第④层全风化砂砾岩或第⑤层强风化砂砾岩,设计桩长 15.3 m,保护桩长 0.5 m,施工桩长 15.8 m。当桩端遇到第⑤层强风化砂砾岩层且施工桩长达不到 15.8 m 时,施工桩长应控制在不小于 12.42 m 且桩端进入第⑤层强风化砂砾岩不小于 0.6 m。考虑到地层起伏变化较大,采用不同桩端持力层、不同桩长控制。

(4)素混凝土桩桩径 600 mm,混凝土强度等级

C20,单桩承载力特征值 780 kN,面积置换率 6.50%,桩数 170 根。

(5)桩顶铺设 300 mm 厚碎石褥垫层,碎石粒径 0.5~1.0 cm,夯填度不大于 0.9。

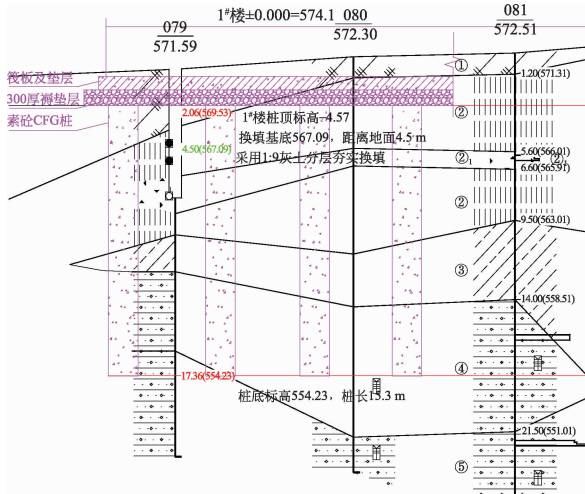


图2 鸿翔美域项目 CFG 桩设计参数图

采用 CFG 桩复合地基技术的地基处理设计方案顺利通过了设计文件审查,实施后顺利通过检测,检测结果见表 1、表 2。

表 1 单桩静载荷检测结果汇总表

对应桩号	设计要求 承载力特征值 /kN	检测承载力 极限值 /kN	承载力极限值 对应沉降量 /mm
23	780	≥1560	22.90
98	780	≥1560	21.61
89	780	≥1560	17.36

表 2 单桩复合静载荷检测结果汇总表

对应桩号	设计要求 承载力特征值 /kN	检测承载力 特征值 /kN	承载力设计值 对应沉降量 /mm
103	240	≥240	9.95
90	240	≥240	6.66
109	240	≥240	9.99

根据检测结果,1#楼工程场地复合地基承载力特征值不小于 240 kPa,单桩承载力特征值不小于 780 kN,满足设计要求。

本工程复合地基承载力及沉降量均达到了建筑物设计要求。主体结构完工后,建筑物沉降检测符合要求。工程实践表明,将 CFG 桩复合地基技术应用于非自重湿陷性黄土地层中,在实践中能够满足建筑物对地基处理的要求,技术上可行。

### 3 采用 CFG 桩经济可行性分析

CFG 桩不使用钢材,所需材料造价相对较低,从经济角度考虑,与桩基础高强度混凝土和钢材相比,原材料成本和施工成本都有较大幅度的下降。

以该项目 1#楼 CFG 桩设计为例,1#楼采用上述 CFG 桩设计方案造价为:桩径 0.6 m,桩长 15.8 m,共 170 根桩,单价 700 元/立方,换填土 1320 m<sup>3</sup>,单价 60 元/方,总造价约 61 万元。

1#楼采用满足建筑物设计要求的桩基础方案造价为:桩径 0.6 m,桩长 15.8 m,共 203 根桩,单价 1300 元/立方,总造价约 118 万元。

通过比较,1#楼采用 CFG 桩复合地基处理非自重湿陷性地层的方案比桩基础方案节约成本 57 万元,成本降幅达到 48%。

以本项目共计 10 栋楼统计,与桩基础方案相比,地基基础采用 CFG 桩复合地基技术比采用桩基础节约成本约 700 万元;CFG 桩和桩基础施工工期相比,CFG 桩工期缩短约一半,潜在经济效益明显。

### 4 结论

(1)在非自重湿陷性黄土地层中,可以发挥非自重湿陷性黄土地层达到湿陷起始压力前能够承担荷载的特点,采用 CFG 桩复合地基技术,发挥桩、土协同承担荷载的作用,满足建筑物对地基承载力和沉降控制的要求,技术上可行。

(2)经济性方面,在非自重湿陷性黄土地层中,采用 CFG 桩复合地基技术能够大幅缩短工期,大幅降低地基处理造价,具有一定的经济效益和应用价值。

### 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ 79—2012 建筑地基处理技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [2] 关文章. 湿陷性黄土工程性能新篇[M]. 西安:西安交通大学出版社,1992.
- [3] 中华人民共和国建设部. GB50021—2001 岩土工程勘察规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [4] 倪万魁,师华强. 冻融循环作用对黄土微结构和强度的影响[J]. 冰川冻土,2014,36(4):921-929.
- [5] 中华人民共和国建设部. GB50025—2018 湿陷性黄土地区建筑规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2018.

收稿日期:2019-12-13