

# 回龙观文化居住区 C07 区地基方案分析

李 站

(北京宝泰房地产开发有限责任公司, 北京 100053)

**【摘要】** 根据地质条件, 对回龙观 C07 区地基方案进行了对比分析, 介绍了 CFG 桩复合地基的设计、夯扩桩基的设计, 根据地基变形的沉降观测结果, 说明采用 CFG 桩复合地基和夯扩桩基方案合理。

**【关键词】** 地基方案; CFG 桩复合地基; 夯扩桩基; 沉降观测结果

**【中图分类号】** TU 472

## Analysis of the Foundation's Proposals for C07 Section in Hui longguang Area

**【Abstract】** According to the geological condition, the foundation's proposals of C07 section in Huilongguan area are analyzed, and the design of CFG piles composite foundation and ram-compaction pile foundation are introduced. Its rationality is proven by the result of foundation settlement.

**【Key words】** foundation's proposal; CFG piles composite foundation; ram-compaction pile foundation; the result of foundation settlement

### 0 引言

回龙观一期 C07 区工程为北京宝泰公司 1999 年度的重点工程, 是北京市重点的经济适用住房开发小区之一, 位于北京市昌平区北郊农场。

该工程由中兵勘察设计院勘察, 地基处理采用 CFG 桩和夯扩桩桩基, CFG 桩复合地基由该院设计和施工, 夯扩桩桩基由北京波森特岩土公司施工。通过分析各种地基方案的利弊, 选择了适宜的地基处理方案。地基变形计算和沉降观测结果表明地基方案合理, 满足规范和设计要求。

### 1 地基土组成及特征

场地地基土以粉土和粉质粘土互层为主, 其特征如下:

耕土①: 黄褐~褐色, 湿, 松散, 可塑~硬塑, 由粉质粘土组成, 厚度 0.60~1.10 m, 层底标高 40.71~41.99 m。

粘质粉土②: 褐黄色, 湿~饱和, 稍密, 夹粉质粘土薄层和粘土透镜体。局部缺失, 被粉质粘土②<sub>1</sub> 替代。厚度 0.50~3.60 m, 层底标高 37.37~40.82 m。

粉质粘土②<sub>1</sub>: 褐黄色, 湿~饱和, 可塑, 夹粘质粉土薄层。厚度 0.40~2.90 m, 层底标高 37.36~40.50 m。

砂质粉土②<sub>2</sub>: 褐黄, 饱和, 稍密, 夹粘质粉土、粉砂薄层或透镜体。本层以透镜体形式出现, 层位变化大, 厚度 0.40~2.70 m。

粘土②<sub>3</sub>: 褐黄色, 湿~饱和, 稍密, 可塑, 分布不均, 厚度 0.30~2.30 m。

粉质粘土③: 灰黄~灰色, 饱和, 可塑~软塑, 夹粘质粉土、粘土薄层透镜体。厚度 1.10~5.50 m, 层底标高 32.44~34.58 m。

粘质粉土③<sub>1</sub>: 灰色, 饱和, 中密, 夹粉质粘土、粘土薄层透镜体。厚度 0.40~2.70 m, 层底标高 35.50~37.66 m。

砂质粉土③<sub>2</sub>:灰色,饱和,中密,夹粘质粉土薄层透镜体。厚度 0.40~2.00 m,层底标高 32.44~37.50 m。

粘土③<sub>3</sub>:灰色,饱和,可塑,分布不均,厚度 0.30~0.70 m。

粉质粘土④:黄~褐黄色,饱和,可塑,夹粉土薄层或透镜体。最大揭露厚度 2.70 m。

粘质粉土④<sub>1</sub>:黄色,饱和,中密,土质较均匀,以薄层形式出现,最大揭露厚度 2.30 m。

粉、细砂⑤:灰色,饱和,中密,局部夹粉土薄层。最大揭露厚度 5.30 m。

本区地下水属潜水类型,地下水位埋深为 2.30~4.80 m,其绝对标高为 37.20~40.35 m。根据 C07 区水质分析的结果,地下水对混凝土具弱腐蚀性。

## 2 地基方案比选

C07 区均为 6 层建筑,分为带地下室和不带地下室两部分,带地下室的基础埋深一 3.10 m,不带地下室的基础埋深一 2.00 m,天然地基持力层为粘质粉土(夹粉质粘土②<sub>1</sub>),该层综合承载力标准值为 140 kPa。

根据场地地基土特征和基础埋深,该场地地基方案可采用天然地基、复合地基、桩基方

案,下面对各种方案的特点进行分析。

### 2.1 天然地基方案

基础采用筏板基础,筏板厚 400~600 mm,地基土承载力标准值采用 140 kPa,基础埋深 1.00 m。该方案的最大优点是,不用打桩和进行桩基检测,施工工期短,但天然地基施工(包括筏板、垫层和地面以下墙体)费用较高。

### 2.2 复合地基方案

按设计要求,复合地基承载力标准值要求 200 kPa,采用条形基础,基础宽度 1.00~2.00 m。基础埋深从地面算起 0.80 m。考虑基础埋深较浅,桩的施工需要一定的保护桩长,因而,复合地基的施工先不开挖基槽,按复合地基设计布桩进行桩的施工,桩施工完毕,达一定龄期后,开挖基槽,进行桩的载荷试验,在检测满足设计要求后,铺设褥垫层,进行基础施工。该方案的特点是充分利用了桩间土强度,缺点是工期相对较长。

根据地基土条件,本场地可采用的复合地基方案有水泥土桩、CFG 桩、碎石桩、旋喷桩,各种地基方案的对比分析见表 1,根据工期和经济对比,CFG 桩复合地基最优越。

表 1 11#楼各类地基方案对比表

地基方案	地基类型	桩数	桩径/mm	桩长/m	打桩工期/d	折合建筑平米造价/(元·m <sup>-2</sup> )	包括基础、墙体等费用造价/(元·m <sup>-2</sup> )
天然地基							98.45
复合地基	水泥土桩	780	400	4.5	13	22.28	75.00
	CFG 桩	464	400	4.5	10	22.28	75.00
	碎石桩	1 340	400	4.2	25	27.45	80.17
	旋喷桩	450	600	4.5	18	36.50	89.22
桩基	夯扩桩	220	400	8.0	30		80.00

### 2.3 桩基方案

根据现场的地质条件,采用了波森特的夯扩桩技术,采用重锤(3.8 t)冲击成孔,在孔内填碎石,夯实底部,形成扩大头,夯扩体积由填料量和夯击数及最后两锤的沉降量控制,桩身

采用 C20 的钢筋混凝土,桩径 400 mm,桩长 8.0 m。在桩施工完成后,进行载荷试验检测,检验合格后,做条形承载梁,上部荷载通过承载梁直接传递到桩基上。该方案的优点是,减少土方的开挖,省去垫层、底板及基础墙施

工,缺点是工期较长,造价相对较高。

### 2.4 地基方案的选取

考虑到施工工期紧,经过造价和工期的综合对比分析,最终选用 CFG 桩复合地基和夯扩桩桩基两种方案。

### 3 CFG 桩复合地基的设计

1)复合地基承载力标准值按下式计算

$$f_{sp,k} = \frac{R_k}{A_p} m + \alpha\beta(1-m)f_k \quad (1)$$

式中: $f_{sp,k}$ ——复合地基承载力标准值,kPa,取 200 kPa;

$m$ ——桩土置换率;

$A_p$ ——单桩截面积, $m^2$ ,为 0.125 6;

$\alpha$ ——桩间土强度提高系数,取 1.0;

$\beta$ ——桩间土强度发挥系数,取 0.95;

$f_k$ ——桩间土承载力标准值,kPa,取 140 kPa;

$R_k$ ——单桩承载力标准值,kN,按下式计算。

$$R_k = R_{uk} / \gamma_{sp} \quad (2)$$

式中: $R_{uk}$ ——单桩极限承载力标准值,kN,根据地层经计算取 300 kN;

$\gamma_{sp}$ ——调整系数,根据规范取值。

2)复合地基沉降计算<sup>[1]</sup>

CFG 桩复合地基变形包括加固区变形  $s_1$ 、下卧层的变形  $s_2$ 、褥垫层变形  $s_3$  三部分。

a. 加固区的变形

加固区的变形包括桩、桩间土的变形、桩顶向垫层的刺入量  $\Delta s_{上}$  以及一定桩长桩体向下卧层的刺入量  $\Delta s_{下}$ 。计算时可将整个加固区作为一层,采用载荷试验求得复合地基的变形模量,按下式计算加固区的变形量:

$$s_1 = \Psi_1 p_0 \alpha_i H_i / E_{sp} \quad (2)$$

式中: $s_1$ ——加固区的变形量,mm;

$p_0$ ——基底附加应力,kPa;

$E_{sp}$ ——复合地基变形模量,MPa;

$\alpha_i$ ——附加应力系数;

$H_i$ ——加固区的厚度即基底下桩的长度,m;

$\Psi_1$ ——复合地基沉降经验系数。

b. 下卧层的变形

桩长为某一值时,地基的附加应力通过复合地基传至下卧层,使下卧层发生变形,可按 GBJ 7-89 规范或按地区规范进行计算。

c. 褥垫层的变形

由于褥垫层较薄(10~30 cm),且在基础施工前已分层压实,变形微小,可以忽略不计。

取条基宽度 2.0 m,  $p_0 = 185$  kPa,经计算 CFG 桩复合地基的变形值为 25.0~35.0 mm,满足规范对变形的要求。

### 4 夯扩桩桩基的设计

夯扩桩桩基按《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-94)的要求进行设计,桩径、桩长见表 1,经计算夯扩桩桩基的单桩承载力极限标准值为 900 kN,桩基的变形量为 10.0~20.0 mm,变形较小,满足规范对地基变形的要求。

### 5 CFG 桩复合地基和夯扩桩载荷试验结果

在 CFG 桩和夯扩桩施工完成后,桩龄期达到 14 天时进行试验,试验由监理选定,每个楼座选 3 根桩进行载荷试验,选 10% 进行动测桩,据检测结果,桩身质量满足桩设计的要求,单桩承载力极限标准值、复合地基承载力标准值也满足设计要求,载荷试验  $Q-s$  曲线见图 1、图 2。

### 6 沉降观测

基础施工至  $\pm 0.00$  后,在 CFG 桩复合地基和夯扩桩桩基各选一楼座进行沉降观测,观测按照国家规范的要求,直至沉降达到 1 mm/100 d 的标准为止。沉降观测布置及累

积沉降量见图 3, 1#、11#楼最大点和最小点沉降观测曲线见图 4、图 5。由于 1#楼在装修

时破坏了全部沉降观测点, 未能观测至满足规范的要求, 据估计最大沉降小于 20 mm。

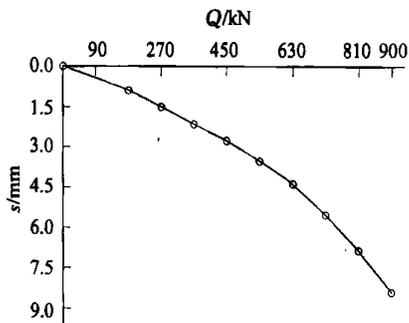


图 1 1#楼 221#桩载荷试验 Q-s 曲线

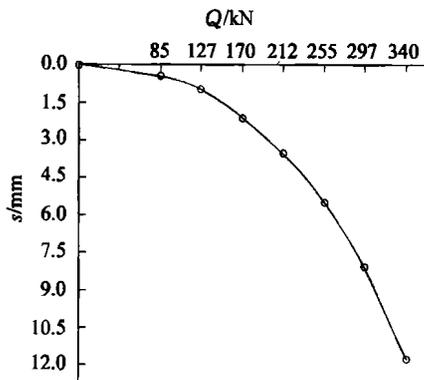
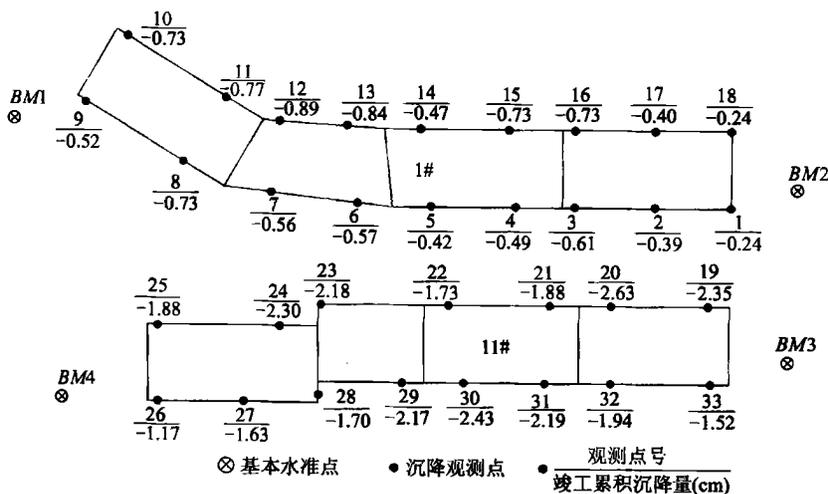


图 2 11#楼 355#桩载荷试验 Q-s 曲线



注: 1 4#、5#、17#点累积沉降量为第 1~6 次沉降观测累积  
2 21#、22#点累积沉降量为第 1~7 次沉降观测累积

图 3 沉降观测点布置及累积沉降量图

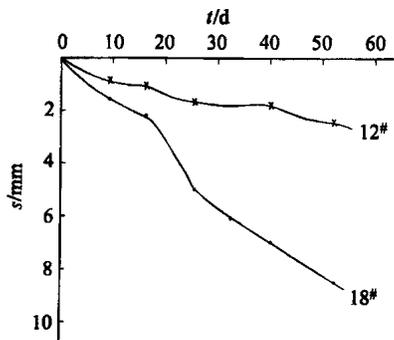


图 4 1#楼最大沉降观测点和最小沉降观测点 s-t 曲线

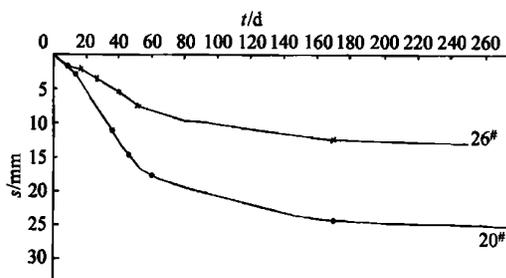


图 5 11#楼最大沉降观测点和最小沉降观测点 s-t 曲线

## 7 结论

从载荷试验检测结果表明,CFG桩复合地基承载力标准值和夯扩桩桩基承载力满足设计。从沉降观测资料可以看出,采用CFG桩复合地基和夯扩桩桩基沉降量均较小,满足

北京规范的要求,说明地基处理非常成功。

### 参 考 文 献

- 1 化建新等.复合地基技术及应用.岩土工程技术,2001(2):73~79

收稿日期:2003-02-14

(上接第106页)

地质、地震地质、工程地质、水文地质、同位素地球化学、第四纪地质、化学分析技术等学科,其理论还不完善,许多问题仍需深入地研究,如地球各层圈、不同地壳层的气体成分及同位素组成特征;断裂错动或断层发震过程中对气体的产生、迁移的影响;覆盖层对断层气场的屏蔽、消散、集气的机理;断层气场的时空变化与断层活动性、地震危险性的关系等。断层气体地球化学目前还处于定性一半定量研究阶段。尽管如此,断层气体地球化学方法在确定断层位置、规模、产状、活动性、深度等方面还是快速有效的。相信随着气体地球化学研究的深入,理论会不断完善,测试技术会不断改进。大量数据的积累,有可能建立断层气体地球化学场与断层特征的定量关系。岩土工程师应密切关注这方面的进展。

### 参 考 文 献

- 1 《岩土工程手册》编写委员会.岩土工程手册.北京:中国建筑工业出版社,1994.781~796
- 2 王先彬.气体地球物理.见:欧阳志远主编.地球化学:历史、现状和发展趋势.北京:原子能出版社,1996.67~74

- 3 王先彬.中国气体地球化学研究与进展.见:中国科学院地球化学研究所等编.资源环境与可持续发展.北京:科学出版社,2000.83~96
- 4 汪成民,李宣瑚,魏柏林主编.断层气测量在地球科学中的应用.北京:地震出版社,1991.1~234
- 5 文爱花,徐兵,汤爱平.地球化学在工程地震中的应用.世界地震工程.1999,15(2):97~101
- 6 伍宗华,金仰芬,郭英杰等.地气测量在叶县-邓县-南漳地质剖面中的应用.岩石学报,1995,11(3):333~342
- 7 伍宗华,金仰芬,古平等.地气测量的原理及其在地质勘探中的应用.物探与化探,1996,20(4):259~264
- 8 国家地震局分析预报中心编.地下流体预报地震论文集.北京:地震出版社,1987.1~273
- 9 高文学,蒋凤亮,高庆华等.地球化学异常-地震预测整体观的探索.北京:地震出版社,2000.1~252
- 10 谷元珠,林元武,张培仁.气体地球化学方法在震后趋势判断中的应用.地震,2001,21(2):101~104

收稿日期:2002-12-22