

CFG 桩复合地基承载性状的试验研究

潘纪顺^{1,2}, 刘志伟³, 姬计法², 吕芝全^{1,2}, 李天成⁴, 刘 峡^{1,5}

(1. 中国科学技术大学, 合肥 230026; 2. 中国地震局地球物理勘探中心, 郑州 450002; 3. 河南海通房产有限公司, 郑州 450002; 4. 河南有色地质勘查局五队, 郑州 450007; 5. 中国地震局第一地形变监测中心, 天津 300202)

[摘 要] 通过 CFG 桩复合地基载荷试验和桩土应力比试验的研究, 探讨了 CFG 桩复合地基承载特性。

[关键词] CFG 桩 复合地基 承载力 桩土应力比

[中图分类号] TU473.1 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2001)04-0092-03

CFG 桩 (Cement Flyash Gravel Pile) 复合地基是 20 世纪 90 年代初出现的一种地基处理技术。CFG 桩桩体材料用素混凝土、或用少量的水泥加粉煤灰、石屑或砂及碎石, 加水搅拌, 用普通振动或沉管桩机施工的具有高粘结强度的桩, CFG 桩与桩间土和桩顶与基底间的褥垫层共同组成复合地基, 属刚性桩复合地基。与一般的柔性桩复合地基相比, 用 CFG 桩处理地基, 具有可使地基承载力提高幅度大并具有很大可调性的优点, 故特别是天然地基承载力较低而设计要求的承载力较高, 用柔性桩复合地基一般难以满足设计要求时, CFG 桩复合地基则有明显的优势。这一技术一经问世, 就在全中国迅猛发展。

CFG 桩复合地基可用于填土、饱和及非饱和粘性土、松散砂土等。既可用于挤密效果好的土, 又可用于挤密效果差的土。但是, CFG 桩使用不当时, 也会出现质量事故, 因此, 有必要对其进行深入的研究, 而 CFG 桩复合地基的承载力及其承载机理是其关键的方面, 本文通过工程实例, 对其进行探讨。

1 工程概况

H 建筑物为一综合生产楼, 主楼高 92 m, 地上 19 层, 地下一层, 框架剪力墙结构, 基础埋深 - 7.9 m。采用 CFG 素混凝土桩加固地基, 桩径为 500 mm, 有效桩长 20.0 m, 场地布桩总数为 706 根, 按正三角形布桩, 边长为 1.5 m, 单桩处理面积 $1.5\text{ m} \times 1.3\text{ m}$, 桩身材料为 C20 砼, 要求处理后复合地基承载力标准值 $\geq 450\text{ kPa}$ 。

对 H 建筑物的 CFG 桩复合地基共进行三组复合地基载荷试验, 同时对 CFG 桩复合地基桩土应力比进行了试验研究, 现场试验于 1999 年 3 月 27 日

~3 月 30 日进行, 随后于 1999 年 5 月 9 日对所有 CFG 桩进行了桩身完整性检测, 该楼主体工程于 1999 年底竣工, 2000 年 10 月投入正常使用。

2 工程地质概况

场地内地层结构见表 1。

表 1 场地工程地质概况表

层号	土性	层底埋深 (m)	承载力标准值 (kPa)	桩周土摩阻力标准值 (kPa)	桩端土摩阻力标准值 (kPa)
3	粉土	6.5~6.8	140		
4	粉土	8.6~8.9	105	40	
5	粉砂	12.5~13.2	215	50	
6	粉土	18.2~18.6	190	45	
7	粉砂	24.0~25.5	250	60	850
8	粉土	30.3~30.8	240	68	900
9	粉土	33.5~34.0	225	65	850
10	粉细砂	37.0~39.1	240	50	900

3 CFG 桩复合地基载荷试验

试验按照《建筑地基处理技术规范》(JG 79-91) 的要求进行。试验装置采用压重平台反力装置, 3.2MN 油压千斤顶加压。压力由置于千斤顶顶部的轮辐式压力传感器测定, 桩顶沉降由 DSB-25 型电子位移传感器测量。试验仪器为国内先进的 JQC-503C 全自动静载荷测试仪。试验均在基底标高处进行, 承压板为 $1.3\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ 的矩形板, 板下用中砂找平, 加载大于 10 级, 卸载分为 3 级, 3 组复合地基载荷试验概况见表 2。

从 $Q \sim s$ 曲线 (见图 1) 上可以看出明显的比例荷载及极限荷载的拐点, 判断出 1 # 桩的单桩复合地基承载力基本值为 540 kPa, 2 # 桩的单桩复合地基承载力基本值为 540 kPa, 3 # 桩的单桩复合地基

[收稿日期] 2000-10-18; [修订日期] 2000-10-28; [责任编辑] 王 梅。

承载力基本值为 585 kPa。

表 2 复合地基静载荷试验的概况表

试验桩号(#)	1	2	3
最大加荷值(kPa)	1170	1170	1260
总沉降(mm)	59.98	72.21	62.84
回弹量(mm)	4.80	2.89	9.43
残余沉降量(mm)	55.18	69.32	53.41
弹性变形(%)	8.00	4.00	15.01
塑性变形(%)	92.00	96.00	84.99
历时(min)	3150	3330	3210

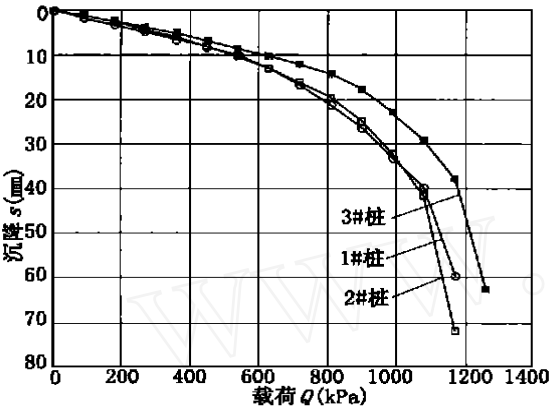


图 1 CFG 桩复合地基载荷试验 $Q \sim s$ 曲线

4 CFG 桩复合地基桩土应力比试验研究

按照设计要求,3 组复合地基载荷试验点均进行复合地基桩土应力比测试。在复合地基载荷试验前,在基底平面,沿与轴线平行的方向,在试验桩的桩顶中心和距试验桩的桩顶中心 500mm 两侧各埋置一个土压力计(见图 2)。

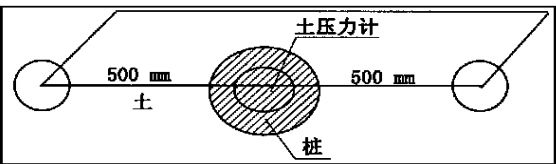


图 2 桩土应力比测试布置示意图

在载荷试验过程中,钢弦式土压力计中的膜片在每级荷载作用下将发生变形,引起钢弦的张力发生变化,其振动频率也发生变化。测量频率时,先给上压力计中的线圈一个脉冲电流,使铁芯产生磁力线,使钢弦受到激发振动。振动时,钢弦与铁芯间的微小缝隙发生周期性变化,从而引起磁力线回路的磁阻发生变化,这将改变线圈的感应电动势。用频率仪测量其振动频率,经换算即可得到每级荷载作用下桩顶及桩周土压力的大小。现场采用 ZXY-2 型频率巡检仪进行数据采集,桩顶每加一级荷载,待桩身沉降稳定后对每个土压力计测读一次数据,其

结果见表 3。

表 3 桩土应力比表

荷载(kPa)	桩号(#)		
	1	2	3
90	20.45	18.66	16.51
180	22.96	22.17	19.49
270	29.37	26.53	27.15
360	34.79	30.21	29.81
450	38.31	35.66	32.45
540	43.82	42.38	33.75
630	37.92	38.27	40.34
720	35.01	36.44	30.51
810	34.25	33.71	35.46
900	32.84	31.58	33.08
990	30.22	30.09	31.64
1080	26.17		28.10

3 组复合地基试验点的荷载 Q (kPa) 与桩土应力比 n 、桩间土分担荷载百分比的曲线见图 3。

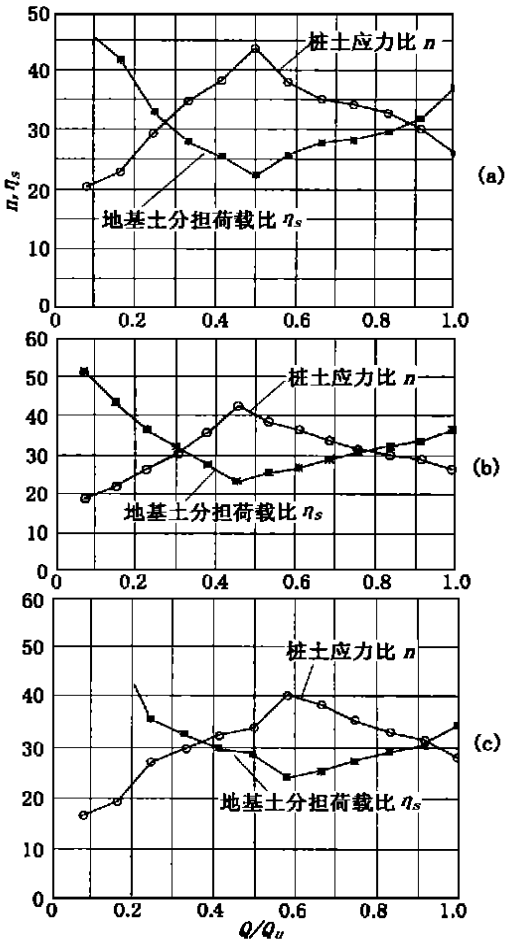


图 3 荷载 Q (kPa) 与桩土应力比 n 、桩间土分担荷载百分比的曲线

(a) —1# 桩复合地基桩土应力比曲线;(b) —3# 桩复合地基桩土应力比曲线;(c) —2# 桩复合地基桩土应力比曲线

5 结论

试验研究结果表明,CFG 桩具有以下承载特性:当桩顶及桩间土直接与基础接触时,根据变形协调条件,桩与桩间土的变形相同。由于桩的变形模量远大于土的变形模量,当荷载小于桩的允许承载力时,荷载主要由桩承担,桩间土承担的荷载很少。随着荷载的增加,当桩顶荷载超过其允许承载力时,桩的荷载—沉降($Q \sim s$)曲线由直线段进入曲线段,桩端土也由弹性变形进入塑性变形阶段,沉降明显加大,此时桩间土开始承担荷载。

随着荷载的进一步增加,桩的承载力发挥至极限,桩的沉降可能已达 40 mm~60 mm,由于沉降量较大,桩间土亦承担了相当的荷载增量,若再进一步

增加荷载,由于复合地基中桩的荷载—沉降($Q \sim s$)曲线呈加工硬化型,故其仍可继续承载,但其桩顶荷载增量很小,荷载增量绝大部分均由桩间土分担,直至达到极限承载力,这时复合地基方告破坏,同时桩间土承担的荷载达到最大。若不考虑桩与桩间土的相互作用及群桩效应,复合地基的极限承载力应为桩与桩间土极限承载力之和。

[参考文献]

- [1] 高大钊. 软土地基理论与实践[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [2] 乔来军,姬深堂,董长廷,杨永生. CFG 桩复合地基的讨论[J]. 岩土工程技术,1999,4:18~21.
- [3] 赵京之,化建新. 北京纺机厂高层住宅地基处理方案对比分析[J]. 岩土工程技术,1999,2:12~16.

THE TEST RESEARCH ABOUT THE LOADING BEHAVIOR OF CFG PILE COMPOSITE FOUNDATION

PAN Ji - shun, LIU Zhi - wei, JI Ji - fa, LU Zhi - quan, LI Tian - cheng, LIU xia

Abstract: Based on the research about the load test of CFG pile composite foundation and the ratio between pile and soil, the loading behavior of CFG pile composite foundation is discussed.

Key words: CFG pile, composite foundation, loading capacity, the ratio between pie and soil



[第一作者简介]

潘纪顺(1968 年 -),男,1992 年毕业于桂林冶金地质学院物探系,现于中国科学技术大学地球与空间科学系攻读硕士学位,主要从事工程物探的生产和研究工作。

通讯地址:郑州市文化路 104 号 中国地震局地球物理勘探中心 邮政编码:450002

中国金属学会冶金地质专业委员会三届二次 暨四届一次会议召开

本刊讯:中国金属学会冶金地质专业委员会三届二次暨四届一次委员会会议于 2001 年 6 月 10 日至 11 日在江西南昌市召开,共有 40 多位代表出席了会议。会议总结了第三届委员会的工作,选举产生了第四届委员会主任、副主任和秘书长,聘任了副秘书长,并研究了四届委员会的工作,会间还进行了学术交流,内容涉及古生物学、金、锰矿找矿、遥感技术应用、勘查阶段探矿权评估方法和利用利润指标圈定矿体、稀土资源开发与应用、黄金市场趋势分析等内容。

会议认为,第四届委员会是在新世纪第一年接手冶金地质专业委员会工作的,任重而道远。在今后的工作中,一定要找准自己的位置,加强创新意识,发挥好“桥梁”和“纽带”作用,建立和健全学会工作机构和工作制度,开创新一届冶金地质专业委员会工作的新局面。