

桩基础的补强*

苏 振 明

(泉州市建设工程质量监督站, 泉州 362000)

摘要 介绍泉州地区灌注桩基础在施工中达不到设计要求时,通常采用的几种补强方法:补打桩-复桩法,锚杆静压桩法和加强承台梁法.最后通过二个工程实例,介绍泉州地区灌注桩基础补强的成功经验.

关键词 桩基础,补强,复桩,锚杆静压桩,灌注桩

分类号 TU 472

随着土地增值,高层建筑也随之越来越多.建筑结构一般是采用钢筋混凝土框架和框剪结构,但部分多用厂房、多功能综合楼为了满足其使用要求,常采用大柱网框架结构,这就大大地增加了柱的荷载.在沿海地区的软弱地基上进行高层建筑时,基础问题就显得更为突出,为满足建筑物上部荷载的传递,设计者多采用大口径的冲钻孔灌注桩,人工挖孔桩.这类桩的优点是:受力直接、噪音小、对相邻的建筑物影响小、没有群桩效应、省去大承台等.然而在勘察设计和施工中,若持力层选择不当或当施工质量有问题时,其承载能力就可能达不到设计要求,如某公司一幢六层框架结构综合楼,设计单桩承载力为1 600 kN,实测单桩承载力最小为320 kN.因此,桩基的补强就成为工程上必须解决的实际问题.

1 本地区的地质情况

泉州软土为海相沉积,由花岗岩类组成基底,上部沉积了一层厚为数米至数十米不等沉积层.沉积层一般具有两种类型:(1)为较均匀的深厚软基,即具有含水量高、孔隙比大、压缩性高、强度低和有机质含量高等特点;(2)是存在地表硬壳层的软基.其硬壳层厚约1~4 m,该层地基承载力标准值 f_k 一般为100~170 kPa.这两种软土地基未经处理均不宜直接作为高层建筑和大柱网建筑的天然地基.而高层建筑和大柱网建筑采用桩基把力传至深度坚硬岩层上.若桩基承载力出问题,则要根据这两种软基的不同特点,采用不同的补强方法.

2 桩基补强方法

2.1 补打桩-复桩的补强

对于较均匀的深厚软基,由于淤泥深厚,因而需通过桩将上部荷载传给埋藏较深的坚硬土

* 本文1995-03-03收到

层,这类桩层属于端承桩.对于不合格桩基,宜采用复桩补强,即在不合格桩边打桩补强.这样桩基承载力不足部分便可由复桩来承受.为了不使桩基产生偏心距,需在原桩的两侧打入两根复桩;复桩桩端也打到坚硬土层,顶部需增大承台尺寸以保证复桩共同作用.可依据原桩推算其端承力,再据此计算复桩截面大小.补打复桩补强方法的优点是:施工容易、受力明确、计算简单;其缺点是:工期长、造价高.这种方法适用于桩基承载力差额较大的不合格桩的补强.

2.2 锚杆静压桩的补强

这种补强方法根据地质条件的不同,可分为两种:一种是适用于非硬壳层的桩基,即由锚杆静压桩来分担桩基承载力不足的部分,锚杆静压桩一般对称地布置在单桩周围,其桩端可达埋藏较深的坚硬土层;另一种是适用于具有相对硬层的桩基,且桩基承载力相对较大的情况.即将静压桩端置于较浅的相对硬层上,通过桩基与静压桩尖变形的计算结果,来确定静压桩的数量和承载力.

锚杆静压桩的补强方法就是利用桩基承台加设翼缘并预留压桩孔和预埋锚杆,同时利用锚杆承载力架和油压千斤顶将桩逐段压入地基中,当压桩力达到 $1.5 R_k$ (R_k 为静压桩的单桩承载力标准值),便可认为达到补强要求;然后进行封桩,使锚杆静压桩与原来的桩共同承受上部荷载.锚杆静压桩每段长度一般为 2 m 左右,桩的连接采用硫磺胶泥,桩的截面一般为 $200\text{ mm} \times 200\text{ mm}$, $300\text{ mm} \times 300\text{ mm}$,单桩承载力一般取 $200 \sim 300\text{ kN}$.后埋式锚杆与混凝土基础粘结,一般均选用环氧砂浆粘结剂,经固化后它能承受压桩时所需的抗拔力,但必须重视环氧砂浆制作和埋设施工的质量.经冶金部研究院计算分析并进行抗拔试验,得知只要锚杆的埋设深度为 $8 \sim 10 d$ (d 为锚杆直径),便能满足使用要求.桩与承台的连接是该技术的重要环节,因此在设计施工中必须加以重视.设计时要求新浇承台预留或将已有承台开凿成上小下大的棱台形压桩孔,封桩时应浇注 C_{25} 级微膨胀早强混凝土.

2.3 加大地梁补强

自 80 年代中期开始,国内开始出现疏桩基础理论,一般用于高层建筑的条形基础下的桩基.由于桩数少,一般认为 $1/3 \sim 2/3$ 荷载由基础下土层承担.

对于具有地表硬壳层的地基土,桩基的补强应该充分运用硬壳层的地基强度,采用桩基-交叉条形基础梁的复合基础.即把常规设计中的承台拉结矩形地梁改为倒 T 形地梁,形成十字交叉条形基础,设置于硬壳层上,与桩协同工作并共同承受上部荷载.复合基础的计算,一般要做沉降验算,且以控制沉降作为设计依据.也就是说,要使桩与基础梁共同受力,必须有一定的沉降,地基土方能受力.对于高层建筑,一般容许有一定沉降度.因此,只要设计得当,均可以满足工程要求.按上述分析,明确硬壳土层具有较大承载力之后,就可以由基础梁来承担桩基未能承受的荷载.基础梁应承受的荷载确定后,便可估算基础梁截面;然后再计算基础梁与桩类的沉降量.如果两者相差不大,说明满足要求;否则需调整基础梁截面,使之变形协调.基础梁计算,可按常规方法处理,这里从略.这种补强方法的优点在于造价低、工期增加不多;其缺点是结构计算较复杂.

3 工程实例

例 1 泉州市某办公大楼建筑平面如图 1 所示.上部为 6~8 层框架结构,基础采用人工

挖孔桩。由勘察报告提供的该建筑场地内的地层分布详见地质柱状图(图2)。

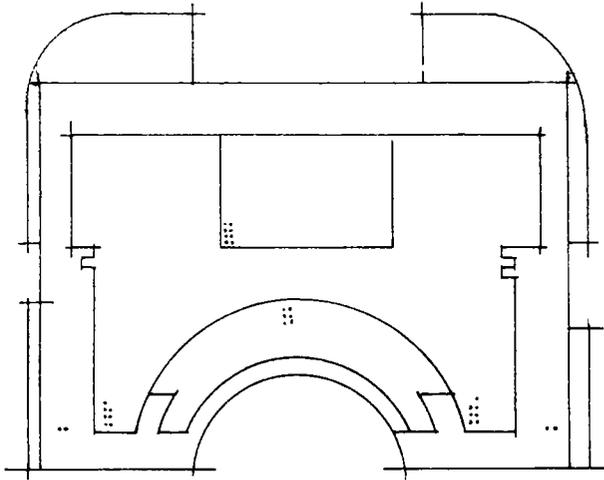


图1 泉州市××办公大楼总平面

序号	地质柱状图	厚度(m)	土层名称
1	[Symbol]	1.80~3.10	素填土
2	[Symbol]	0.70~1.80	淤泥质粘土
3	[Symbol]	1.10~3.40	淤泥(I)
4	[Symbol]	0.60~1.70	有机质土
5	[Symbol]	1.10~2.80	泥质砾砂(I)
6	[Symbol]	0.85~3.00	砂质粘土(I)
7	[Symbol]	1.00~2.65	泥质砾砂(II)
8	[Symbol]	0.80~3.70	砂质粘土(II)
9	[Symbol]	0~0.80	泥质砾砂(III)
10	[Symbol]	0~1.00	粘土(III)
11	[Symbol]	0~0.85	粉细砂
12	[Symbol]	16.50~22.35	残积砂质粘土
13	[Symbol]	≥39.60	强风化花岗岩

图2 泉州市某办公大楼场地地层剖图

设计要求人工挖孔桩的扩大头在(6I)砂质粘土上,设计单桩承载力见表1.表1中 ψ_1 为桩身完整系数, L 为桩长, d 为桩径, D 为扩大头直径.桩基础施工完毕后选取5根桩委托省质检站进行PDA动力试桩,测出的单桩承载力均与设计承载力相差较大(表1).

为了进一步评价桩基质量,泉州市质检站对16#,12#,8#工程桩进行静载试验(其中16#,12#桩已做过PDA动力试桩),3根桩的极限承载力(F_p)均达不到设计要求,其中8#桩的极限承载力仅达到设计极限承载力(F_d)的68%,(见表2).

表1 PDA 动力试桩结果汇总表

工程桩桩号	L/m	d/mm	D/mm	F_p/kN	F_d/kN	ψ_1
16#	8.50	1 100	2 500	2 650	3 530	100
12#	9.05	1 100	2 500	2 600	3 530	100
14#	15.70	1 200	2 600	2 000	4 020	100
4#	9.40	1 100	2 500	2 717	3 530	94
5#	8.70	900	2 100	2 200	2 650	100

表2 静载试桩结果汇总表

试桩编号	工程桩编号	L/m	d/mm	D/mm	F_p/kN	F_d/kN
1#	16#	8.50	1 100	2 500	3 200	3 530
2#	12#	9.05	1 100	2 500	3 503	3 530
3#	8#	8.51	900	2 100	1 800	2 650

根据试桩数据,经有关技术部门共同研究,确定人工挖孔桩可利用的容许承载力值如下:

桩径 900 mm 者为 900 kN; 桩径 1 000 mm 者为 1 080 kN; 桩径 1 100 mm 者为 1 276 kN. 桩基承载力不足的部分采用条形基础和锚杆静压桩组成的复合基础承担. 条形基础与挖孔桩桩帽同时施工, 条形基础持力层为淤泥质粘土层. 锚杆静压桩以泥质砾砂 (I) 作为持力层, 桩长约为 7~8 m (视具体地质实际而定), 桩身截面尺寸为 300 mm×300 mm, 设计单桩容许承载力为 300 kN, 基础加固平面见图 3. 待主体施工至 2~3 层后开始压桩, 压桩对称于条形基础同时进行.

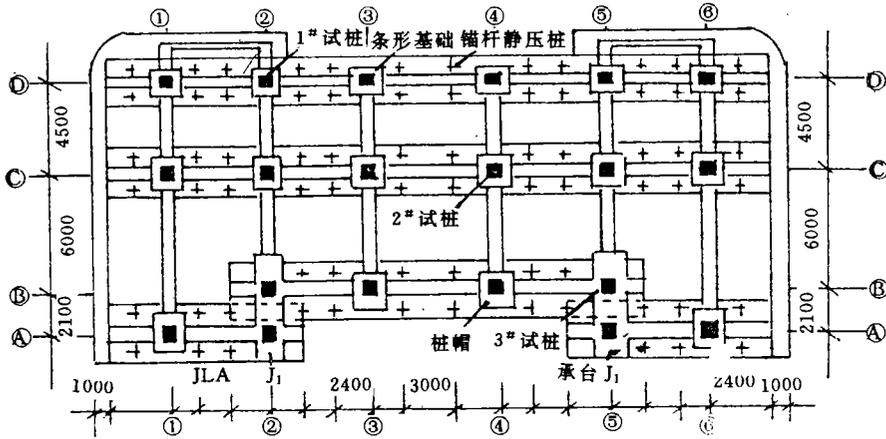


图 3 泉州市办公大楼桩基及其加固平面

该工程于 1993 年元月开工, 1993 年 7 月进行桩基静载试验, 8 月通过补强方案, 1994 年初竣工. 竣工至今已一年, 基础总沉降量小于 2.0 cm, 说明这种加固方案是成功的.

例 2 泉州市某教学楼建筑平面见图 4. 该教学楼为 5~6 层框架结构, 基础采用人工挖孔桩. 根据勘察报告, 建筑场地内的地层分布详见地质柱状图 (图 5).

施工完毕后, 根据地质条件及挖孔桩施工记录选定 2#, 27#, 58# 桩进行静载试验. 试验结果表明, 3 根挖孔桩的单桩极限承载力均与设计极限承载力相差较大, 达不到设计要求.

根据试桩数据, 决定除桩能承担的小部分荷载外, 其余的荷载由设置在坡积亚粘土层上的条形基础来承担, 并增设 12 根基础梁, 形成桩基和条形基础共同工作的复合基础.

基础平面见图 6. 其基础梁断面为 250 mm×700 mm, 上下各 3 根 $\varnothing 20$ 钢筋和 $\varnothing 6 \sim \varnothing 200$ 箍筋. 梁面标高 -0.90 m. 底层墙下基础梁或墙下条形基础的做法及构造位置与原设计相同, 施工中需严格控制加荷速率.

该工程于 1993 年 1 月开工, 同年 4 月进行桩基静载试验, 8 月通过桩基补强方案, 1994 年初竣工. 施工过程中及竣工后近一年的时间内, 基础的总沉降量小于 2.0 cm, 表明该基础加固方案是可行的.

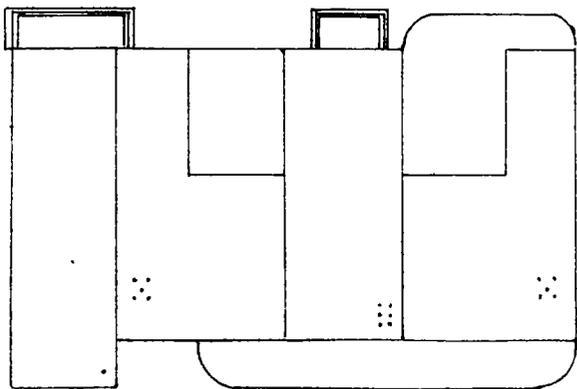


图 4 泉州市××教学楼总平面

序号	地质柱状图	厚度 (m)	土层名称
1	(Vertical lines pattern)	0.10~3.70	素填土
2	(Vertical lines pattern)	1.10~4.90	素填土
3	(Diagonal lines pattern)	1.40~6.00	坡积亚粘土
4	(Diagonal lines pattern)	≥8.00	残积亚粘土

图 5 泉州市××教学楼场地地层剖图

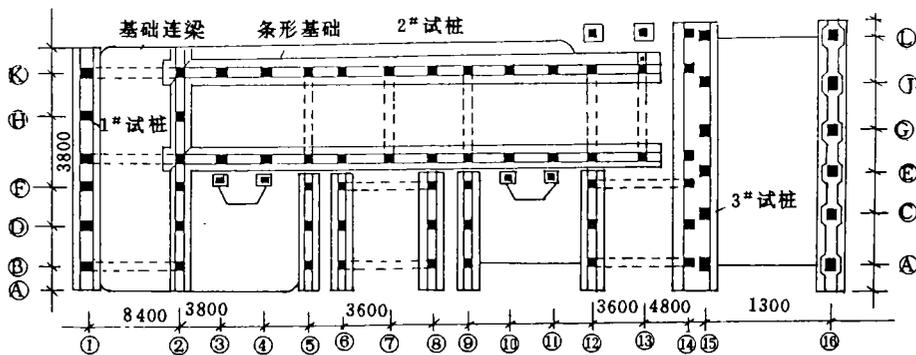


图 6 泉州市××教学楼桩基及基础加固平面

4 结束语

近几年来,泉州地区灌注桩的静载试验合格率一般在 60%左右. 对于直径为 $\varnothing 1\ 000\text{ mm}$ 左右的灌注桩,单桩承载力往往达不到设计要求. 对于层数在 10 层以下,单桩承载力在 2 500 kN 左右,且结构比较对称的建筑物,通常采用上述三种方法进行补强均能取得较好的效果. 经过一二年使用,发现其沉降量均较小,建筑物也都能满足使用要求,从未发现不均匀沉降或结构开裂现象,因而达到了预期的加固效果. 这说明复合基础地基的变形还在弹性范围内. 当然,采用何种补强方法,应结合现场的具体条件,充分考虑其地质情况,并综合考虑造价、工期、施工队伍素质、处理问题经验等因素,从而选择一种较合理的补强方案.

本文根据对泉州市数年来试桩结果,并结合处理桩基质量事故的成功经验对单桩的补强方法进行了探讨. 但这一问题由于涉及到桩和地基土的相互作用、荷载的传递与分配、地基土

在荷载作用下的变形机理等因素,所以显得相当复杂,但笔者愿以此文抛砖引玉,并与同行专家共同探讨.

参 考 文 献

- 1 原城乡建设环境保护部. GBJ7-89 建筑地基基础设计规范. 北京:中国建筑工业出版社,1989. 48~66
- 2 福建省建筑工程总公司. DBJ13-07-91 建筑地基基础勘察设计规范. 福州:福建科学技术出版社,1992. 85~103,144~150
- 3 《多层及高层房屋结构设计》编写组. 多层及高层房屋结构设计:下册. 上海:上海科学技术出版社,1993. 188~264
- 4 冶金工业部建筑科学研究总院. YBJ-227-91 锚杆静压桩技术规程. 北京:冶金出版社,1991. 21~65

Strengthening the Pile Foundation

Su Zhenming

(Supervise Station of Construction Work, 362000, Quanzhou)

Abstract For strengthening the cast-in-situ pile foundation which fails to satisfy the design requirements, three remedial measures are adopted in Quanzhou. They include making up piles to form multiple piles; static piling with anchoring rod; and reinforcing the beam-type pile cap. These successful experiences of Quanzhou for strengthening cast-in-situ pile foundation are demonstrated by two construction examples.

Keywords pile foundation, strengthening, multiple piles, static piling with anchoring rod, cast-in-situ pile